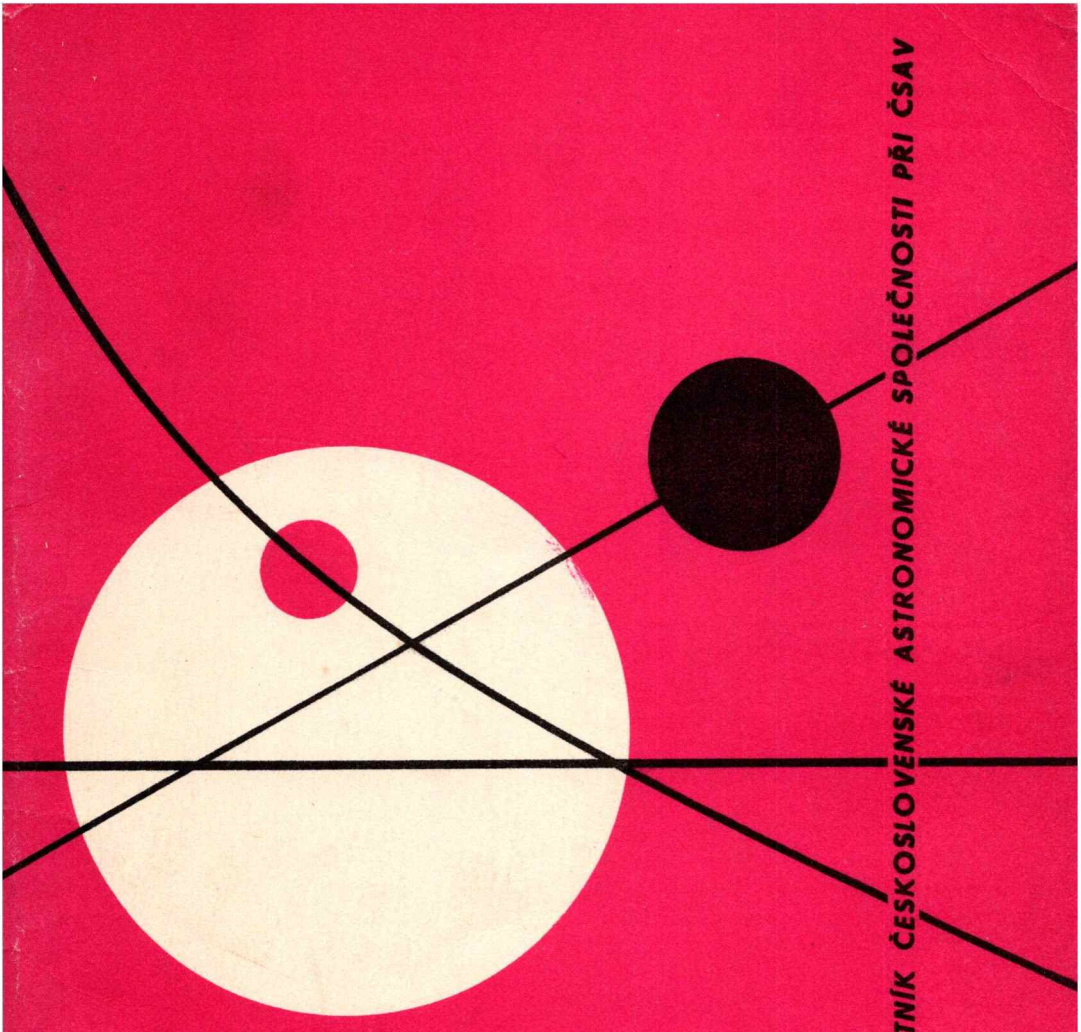


KOSMICKÉ ROZHLEDY

NEPERIODICKÝ VĚSTNÍK ČESKOSLOVENSKÉ ASTRONOMICKÉ SPOLEČNOSTI PŘI ČSAV

1/1974

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

ročník 1974 číslo 1

Panelová diskuse o mezních problémech astronomie (III)

Grygar: Myslím, že bychom mohli přikročit ke 3. tématu, to znamená k obecným otázkám možnosti života ve vesmíru, a tentokrát na úrovni elementárního života, jeho počátku a případného přenosu mezi nebeskými tělesy. Chtěl bych tady připomenout, z čeho asi tak vycházíme, čeho se tady budeme hlavně držet. Na jedné straně je to otázka samotné definice života, která, jak se jistě ukáže vzápětí, je daleko složitější než se zdá na první pohled. Myslím, že neexistuje jednotný pohled, takže bychom se měli pokusit o nějakou pracovní definici. Dále je tu okolnost, že zhruba už před půl stoletím Oparin vyslovil svou základní myšlenku, jak vznikla živá látka nebo organismy zde na Zemi, a to nám ukazuje práve na základě principu obvyklosti, jak asi obecně ve vesmíru bude život na planetách nebo na jiných kosmických tělesech vznikat. Oparinova teorie je v současné době celkem ve velmi příznivé situaci, poněvadž na jedné straně probíhají laboratorní pokusy, při kterých se v podstatě mísí látky, které jsou dokázány v meziplanetárním nebo mezihvězdném prostoru, a působením vlivů, které napodobují podmínky v kosmickém prostoru, získáváme organické látky, a za druhé se objevily organické látky, a to zřetelně mimozemského původu, v některých meteoritech. Zdá se - a o to se vedly dlouhé spory - že zastánci organických látek v meteoritech mají nyní značnou převahu a zřejmě mají pravdu. Konečně zde jsou objevy radiové astronomie, která v posledních letech dokázala existenci několika desítek molekul, včetně organických, ve vesmírném prostoru. Podrobnosti obsahuje například článek v časopise Vesmír od docenta Papouška a jeho kolegů, který je zajisté dobrým zdrojem informací. Konečně speciálně nás tato otázka zajímá také s ohledem na pokrok kosmonautiky, jak už o tom hovořil Dr.Dvořák. Je to otázka kontaminace jiných těles pozemskými mikroorganismy a tím znesnadnění problému řešení otázky, zda mimo naši Zemi ve sluneční soustavě existují aspoň zárodky života. Zejména jde o výzkumy planety Marsu. Konečně pak bych byl osobně rád, kdybyste se pokusili zaujmout nějaké kritické stanovisko k modernějším variantám známé teorie o panspermii, která v původní podobě - to znamená, že k přenosu zárodků života dochází působením tlaku záření - sice neplatí (protože ten mechanismus nefunguje), ale není vyloučeno, že existují jiné možnosti přenosu zárodků a jde o to, zda je naděje, že zárodky přežijí nehostinné a nepříznivé poměry v mezihvězdném nebo v meziplanetárním prostoru. Takto zmodernizovaná panspermie by mohla eventuálně vysvětlit, proč vznikl život na naší Zemi. Konečně bych se rád ještě vrátil k otázkám statistickým, protože mne velice zaujala poznámka Dr.Dvořáka dnes dopoledne. Dr.Dvořák říkal, že se mu zdá, nebo že biologové soudí, že život na Zemi není jenom ten náhodný proces,

jako by to byla nějaká hra v kostky, ale že život se vyvíjí proto, že jsou tady ještě nějaké jiné, patrně složitější zákonitosti, které k němu vedou z důvodů, které nám snad nejsou ještě známy.

Liebl: Je to jistě problém definovat život. Definice má vystihnout obecné zákonitosti a má mít obecnou platnost. Tak v první řadě je nutné, aby živý systém mohl reprodukovat sám sebe. A k tomu je podle současných poznatků zapotřebí nukleových kyselin a bílkovin a tyto nám zaručují,v první řadě tedy nukleové kyseliny, autoreprodukci. Těmi je dán molekulární princip autoreprodukce. A potom je to schopnost účelně využívat energii, a dále z biologického hlediska je to schopnost dráždivosti. To se někdy dá těžko vysvětlit, nebo si pod tím představujeme mnoho věcí. Živá hmota prostě je dráždivá. Reaguje na podněty z vnějšku pohybem a podobně, ale to prosím už není tak významné. Nejdůležitější je právě schopnost organismů se autoreprodukovat a vyvíjet. Také organismy musí účelně hospodařit s energií a využívat jí. Tak to je asi hlavní definice života a jistě dost neúplná.

Grygar: Tak další?

Ulrych: Já nejsem biolog a mluvím tedy jako diletant v této věci. Chtěl bych jenom upozornit, že před dvěma nebo třemi lety vyšla u nás zajímavá filosofická práce od francouzského filosofa Teillarda de Chardina, kde se cituje podobná myšlenka jakou tady uvedl Dr.Dvořák dopoledne, a sice, že kromě těch fyzikálních zákonů, které platí pro pohyb mikročástic a které jsou víceméně povahy statistické, existuje ještě nějaký jiný princip, který Chardin nazývá "princip komplexifikace", který způsobuje, že se vytvářejí stále složitější molekuly a vede to ke tvoření stále složitějších živých systémů, pak živých organismů, pak k vývoji mozku a tak dále. Tento princip je hnací silou života ve vesmíru.

Grygar: Další připomínky? Tak já bych tu debatu posunul trošičku dál. Prosím vás, dost často se diskutuje otázka, zda musí život být nutně vázán na uhlík, zda tedy organické látky jsou vždy na bázi uhlíku, či zda si můžeme myslet, že by organický život vznikl na bázi křemíku nebo třeba germania. Jaký je názor odborníků?

Vítek: Já se osobně domnívám, že organické látky (tak označme takové látky, které mohou býti chemickou podstatou nějakého života, to jest systému, který se sám může reprodukovat a může hospodárně zpracovávat energii, jak bylo tady řečeno před chvilkou), nemohou existovat na jiné bázi než na bázi uhlíkatých řetězců. Důvod je prostý: tak složitá funkce jako je autoreprodukce vyžaduje úměrně tomu složité molekuly, které mají značné rozměry. My sice máme v přírodě příklady velkých makromolekul, které jsou svou velikostí srovnatelné dejme tomu s molekulami nukleových kyselin nebo bílkovin a podobně, a přece patří do anorganické říše v plném slova smyslu. Mám konkrétně na mysli silikáty a křemen, což jsou v podstatě obrovské makromolekuly vytvořené z řetězců křemíku střídajícího se pravidelně s kyslíkem. Ovšem markantní rozdíl proti uhlíkatým sloučeninám je ten, že k přeměně jedné molekuly v druhou je třeba vynaložit velkou aktivační energii. To znamená: abychom zahájili chemickou reakci, kterou bychom vyrobili další kolekulu, analogickou té první, podle které se replikuje, potřebovali bychom zkoncentrovat na jedno místo obrovské množství energie. Za podmínek analogických našim to není dost dobře možné. Vidím, že jsem tady použil výrazu "analogické našim". Ovšem kdybychom chtěli využít nějaké momentální koncentrace energie, která by nám umožnila pře-

měnu těch dejme tomu silikátových řetězců nebo syntézu těch silikátových řetězců, okamžitě se opět dostáváme do situace, kdy silikátové řetězce budou velice nestabilní. Takže si dost dobře nedovedu představit z chemického hlediska takový termodynamický systém, který by umožňoval tak dokonale vyváženou rovnováhu mezi makromolekulami a nějakými menšími molekulami, z kterých se tyto makromolekuly budují, než jsou organické látky na bázi uhlíku. Takový je pohled chemika. Existují i křemíková analoga jednoduchých uhlovodíků, která byla připravena v laboratoři: silany. Ovšem tyto látky, kde je vázán křemík na křemík, jsou vysoce nestabilní. Nelze nalézt nějaké prostředí, o kterém by bylo možno předpokládat, že by někde mohlo existovat, a ve kterém by byly stabilní. Například silany se sebemenší stopou vody rozkládají. Zase by nám tady chyběly další stavební prvky do té stavebnice "křemíkového života", kdybychom v ní jenom vyměnovali ten křemík. Jak bychom tam teď dostali kyslík? Z čeho? Voda, ta nám ty silany rozbourá úplně. Jinak kyslíkaté sloučeniny, kysličník uhličitý, nám to rozbourá taky.

Grygar: Takže to vypadá na to, že prostě při organické syntéze ve vesmíru vládne uhlík.

Vítek: Dusík zrovna tak. A tak dále. My potřebujeme nějakou komplikovanou molekulu, která by nám mohla nějaké složité procesy modelovat. Těžko bychom vystačili s nějakým lineárním polymerem, který by se skládal z naprosto identických skupin, v tomto případě tedy skupin SiH_2, které by se nám pořád opakovaly do nekonečna. Nedokážu si prostě představit, že by se takováto molekula dokázala sama reprodukovat. Důležité v organických polymerech je právě jejich primární struktura, to znamená sestavení těch různých, velice různých atomů v základní stavební jednotky, které potom vytvářejí struktury vyšších řádů s určitou periodicitou. A na základě toho, že tady máte určitou primární strukturu dejme tomu v nukleových kyselinách, se vám tam střídají v určitém pořadí určité stavební prvky a vždy dva a dva k sobě tvoří komplementární pár. Jedna si žádá mít proti sobě tu druhou. A ta druhá je ovšem jiná než ta první. Ale je s ní vždycky spřažena. A právě v tom tkví ta - velice zjednodušeně řečeno - zásada reprodukce. Ovšem naproti tomu, když byste měli naprosto holou identickou molekulu, tak ta vám sama další nereprodukuje. Ty vztahy, které vytvářejí nutnost té reprodukce, jsou právě způsobeny do jisté míry komplikovaností toho systému. Já tedy nejsem odborník na nukleové kyseliny ...

Bičák: Já jsem přesně nepochopil, co se rozumí tou reprodukcí nebo jakým způsobem ta reprodukce opravdu probíhá? Řekněme, že teda budeme mít nějakou tu komplikovanou molekulu a že se bude skládat ze dvou stavebních prvků. Je k reprodukci potřeba zásahu vnějšího světa?

Liebl: Já bych řekl k tomu, že ta reprodukce, jak již zde bylo řečeno, v podstatě závisí na nukleových kyselinách. Tato reprodukce je v organismech složitá, probíhá za pomoci enzymů jako katalyzátorů, ale provádějí se pokusy modelovat tuto reprodukci laboratorně, to jest na jednodušších systémech v modelových pokusech dokonce někdy i bez enzymů. Vyrobit tedy syntetické to jest umělé nukleové kyseliny nebo lépe řečeno polynukleotidy, u nichž se ta reprodukce - vhodněji řečeno replikace - projevuje. Zřejmě nejvíc v tomto zatím bylo uděláno Američany ve skupině prof. Orgela v San Diegu v Kalifornii, kde připravili poměrně jednoduchý syntetický polymer tedy polynukleotid tzv. polyuridylovou kyselinu jako matrici, která za pomoci určitého kondenzačního činidla si zvolna

během několika hodin vytvářela svoji negativní kopii. Ta byla zrcadlovou kopií polyuridylové kyseliny, to znamená z přidaného monomeru, to jest adenylové kyseliny vznikala polymerací polyadenylová kyselina. Vtip je v tom, že k uracilu se neváže uracil nebo jiná neodpovídající báze, ale pouze a jen adenin a tedy adenylová kyselina, jejíž složkou je adenin. To je dáno přísně specifickými molekulárními interakcemi mezi odpovídajícími si bázemi.

Bičák: Co to znamená "neenzymaticky", prosím vás?

Liebl: Neenzymaticky - enzymy, to jsou bílkovinné katalyzátory, které řídí skoro všechny chemické reakce v organismu. Enzymů jsou tisíce různých druhů. A také tzv. polymerázy provádí polymerace nukleových kyselin z monomerů, tedy dříve již zmíněnou replikaci nukleových kyselin v organismu. To zatím dost dobře známe u bakterií a virů, protože to jsou v jistém smyslu jednodušší živé systémy. Ale takový enzym už je velice složitá bílkovina, často vysoce specifická, vytvořená přesnou molekulární funkcí genů, tedy v podstatě genových nukleových kyselin. A když tady příslušný enzym je, třeba i z organismu vyizolovaný a vyčištěný, tak už to dovede, tu příslušnou biochemickou reakci často udělat jak říkáme ve zkumavce to jest "in vitro", a to jsou-li potřebné podmínky a sloučeniny případně včetně energie k syntéze k disposici.

Neenzymaticky, tedy bez pomoci příslušného enzymu jako biokatalyzátoru, to také někdy jde, zvláště jsou-li přítomny vhodné výchozí sloučeniny, dostatek energie a nebo dokonce v případě polymerace vhodná molekulární matrice. Navzájem se k sobě řadí příslušné složky, tedy monomery nukleových kyselin, zvláště když je k disposici uvedená molekulární matrice a na té matrici už se potom přesně uspořádávají v daném pořadí příslušné monomery. Není to pak jen náhodná statistická polymerace, je to matricí řízená polymerace, čímž se vytváří přesné pořadí stavebních složek biologických makromolekul. Čili v našem případě se vytváří přesná, i když vlastně negativní kopie té jisté molekuly nukleové kyseliny. Nukleové kyseliny jsou chemicky jednodušší v porovnání s bílkovinami. Skládají se v podstatě ze čtyř nebo pěti chemicky poměrně složitých monomerů a to těchto kyselin: adenylové, guanylové, cytidylové a uridylové a případně jí blízké kyseliny thymidylové. A v nich jsou tzv. báze adenin (A), guanin(G), cytosin (C), uracil (U), případně metyluracil, tzv. thymin (T). A spolu se specificky vážou pouze tyto báze: A - U, nebo A - T a C - G nebo naopak U - A atd. To je dáno přesnými fyzikálně-chemickými interakcemi mezi těmito bázemi, mezi kterými se vytváří vysoce specifické vodíkové můstky. Přesně na sebe padnou pak jen určité báze vyhovující těmto interakcím. A tak např. nejdou k sobě třeba adenin a cytosin, cytosin a cytosin atd., ale vážou se spolu dle výše řečeného pravidla například adenin a uracil, cytosin a guanin, prostě vždy jen purinová (to jest A,G) a pyrimidinová (U, T, C) báze. Tím se tvoří přesná kopie, tedy nukleová kyselina, což jsou tenká vlákna molekulárních rozměrů viditelná např. jen nejlepšími elektronovými mikroskopy třeba jen jako zprohýbaný vlas, žádné větší detaily nejsou vidět. Takový sestavený model makromolekuly dezoxyribonukleové kyseliny vypadá zhruba jako šroubovitě stočený žebřík, je to tzv. dvojšroubovice a mezi tím jsou příčky, to jsou ty báze specificky spolu vázané. A k sobě jdou vždycky jen ty různé, to jest komplementární a nikoliv stejné nebo nevyhovující báze, jak jsem už dříve řekl. To je prostě fyzikálně-chemicky dáno těmi specifickými interakcemi a tedy vlastně v důsledku těch energií interakcí a přesné molekulární

geometrie té každé báze. Proto jdou k sobě vždy jen purinová a pyrimidinová báze, nikoliv purinová k purinové a pyrimidinová k pyrimidinové. V tom je základní princip replikace nukleových kyselin, molekulární paměti a genetického kodu, tedy v širším smyslu přenosu celé dědičné velmi složité informace. Takto na genetických matricích (což jsou rovněž nukleové kyseliny) vzniklé informační nukleové kyseliny jako genetičtí poslové přesně dále molekulárně řídí a určují strukturu při syntéze bílkovin včetně enzymů a tím řídí většinu dalších molekulárně-biologických pochodů v organismu. To jsou základy novodobého oboru, tzv. molekulární biologie. A přesná kopie, lépe řečeno replika té nové "dceřinné" nukleové kyseliny - to nově utvořené vlákno na vláknité matrici mateřské nukleové kyseliny je jakýmsi zrcadlovým obrazem, je jak říkáme komplementární. A není tedy pozitivní kopií mateřského vlákna, je jakousi přesnou negativní kopií mateřské molekuly nukleové kyseliny, tou zrcadlovou strukturou.

```
‡ -A:::U- ‡
‡ -C:::G- ‡
‡ -G:::C- ‡
‡ -U:::A- ‡
‡ -G:::C- ‡
‡ -G:::C- ‡
```

Model malého úseku makromolekuly nukleové kyseliny.

Dvojšroubovice (pro jednoduchost znázorněná zde pouze jako nestočené dvojvlákno) mající uvnitř dané pořadí komplementárních bazí, které jsou vzájemně vázány systémem specifických vodíkových vazeb (vodíkových můstků).

Vítek: Zrcadlovou ve smyslu chemickém. Nikoliv tedy ve smyslu fyzikálního zrcadlení.

Liebl: Jistě.

Vítek: Ve smyslu chemického zrcadlení: vždycky k jedné bázi existuje druhá komplementární. Třeba máte A-T-A-T, tak tam to bude T-A-T-A. Aby A a T přišlo proti sobě.

Liebl: Ano.

Vítek: A kdybychom měli tady A-A-A-A, tak tady bude T-T-T-T. Pakliže je tady dostatečná koncentrace základních stavebních složek. A zase tepelným pohybem...

Liebl: A dostatek volné chemické energie, aby se mohly spojit. Prostě ten enzym dělá v podstatě to, že to přiblížení příslušných stavebních molekulárních jednotek napomůže vzájemné vazbě mezi nimi, tedy postupnému vytváření té makromolekuly. Často jako by pomáhal "číst" nebo "přepisovat" molekulární matrici nukleové kyseliny, na níž se vytváří nová nukleová kyselina.

Vítek: Funguje v podstatě jako katalyzátor.

Liebl: To dělá ten enzym, který je specifickou katalytickou bílkovinou, vytvořenou v organismu na základě genetické informace "zapsané" v genových nukleových kyselinách.

Horák: Jenom se zeptám: Nesouvisí to taky se spiny, s opačnými spiny? Mohou se spojit jen soubory, které se nějak liší, jako třeba dva atomy vodíku tvoří molekulu, mají-li opačné spiny, něco podobného tu není?

Liebl: Jak to je přesně, to nevím, bohužel. Ale je to v podstatě kvantově-chemická záležitost ty vazby A-T nebo A-U a G-C. Ty dávají tu úžasnou specifičnost.

Horák: Dva atomy vodíku se mohou vázat, když mají opačné spiny.

Liebl: Ano. U vodíku ano.

Horák: Tady je jistě něco podobného.

Liebl: Vodíková vazba se vytváří s fluorem, dusíkem a kyslíkem. V podstatě s těmito výše jmenovanými specifickými interakcemi mezi bázemi to asi trochu souvisí. Vodík s vodíkem - to se snad nepokládá za vodíkovou vazbu.

Horák: Ano. Ale molekula vodíku se vytváří jako homopolární vazba mezi dvěma atomy s opačnými spiny elektronů.

Vítek: Ano. Elektrony mají opačné spiny, aby se vytvořila vazba. To je v pořádku. Leč tady jsme mluvili už navíc na vyšší úrovni. Tady šlo o vzájemnou interakci dvou molekul. Nikoli dvou atomů. Projevuje se sice jako určitá interakce dvou atomů, ale atomů příslušejících do dvou různých sloučenin.

Horák: Aby se vázaly dvě molekuly, nesmí být stejné.

Vítek: Nesmí být stejné, ale v podstatě se liší v tom, jak mají rozmístěné proton-donorové a proton-akceptorové akupiny. Tedy skupiny, které jsou schopny - ty proton-akceptorové - které jsou schopny interagovat s proton-donorovou skupinou, to znamená se skupinou, která poskytuje v té druhé molekule tak, že mezi tímto vodíkem a touto skupinou vznikne určitý druh chemické vazby, který však na rozdíl od normální chemické vazby má mnohem nižší disociační energii. Této vazbě se říká vodíkový most nebo vodíková vazba. A nyní: důležité je to, že tyto dvě komplementární báze mají rozmístěny ty proton-donorové a proton-akceptorové skupiny takovým způsobem, že můžete z čistě prostorových důvodů je na sebe posadit tak, že proton-akceptorová jedné padne na tu proton-donorovou druhé a naopak.

Liebl: Chtěl jsem ještě říci, že vodíkové můstky mohou vznikat i mezi stejnými látkami, například ve vodě vzniká vodíkový můstek a je vlastně základem toho, že voda je vůbec kapalná za poměrně vysoké teploty mezi 0 - 100°C. Bez vodíkových můstků by byla plyn.

Vítek: Ano, ale nejde o tak komplikované molekuly. Voda, která je velice jednoduchá, ta tvoří vodíkové mosty velice snadno, libovolně vytváří šestičlenné kruhy a dlouhé řetězce a tak dále, jak si prostě namane. Protože je malá, nic tam nevadí. Všude se na všecko může. Ale u velké molekuly hraje právě její vlastní geometrie velkou roli. To se dá počítat, když máte nějaký obrovský počítač. Clementi se o to pokoušel, počítat modely vodíkových vazeb, a došel k určitým závěrům.

Liebl: U nás se dělá něco podobného, tak např. dr.Drobník z ústavu makromolekulární chemie se velmi zajímá o ty interakce mezi nukleotidy. A existují tabulky vazebných energií, tyto vážou příslušné molekuly k sobě. Kde jsou ty vazebné energie těch vodíkových můstků největší, tak tam ta vazba bude pevnější a uskutečnuje se přednostně.

Horák: To počítá Schrödingerovou rovnicí.

Liebl: Asi ano.

Horák: To jsou tedy výměnné síly.

Vítek: Ano. Naprosto stejné. V podstatě to samé. Vyjde se ze vhodných atomových vlnových funkcí a ty se kombinují.

Horák: Tak to už je daleko od astronomie, ne?

Grygar: No, musíme se, prosím vás, trošičku držet toho základního tématu. Jinak bychom skončili tak, že bychom si navzájem vysvětlovali základy svých specializací.

Vítek: Mohl bych se vrátit ještě jedním argumentem k tomu svému uhlíkatému krédu? Sám rozvoj mikrovlnné astronomie ukazuje v poslední době na to, že jednak uhlík je v kosmickém měřítku prvek nikoli zanedbatelné koncentrace. A dále, že většina všech molekul, které byly zatím objeveny ve vesmíru, má ve své molekule taky uhlík.

Liebl: Ještě k tomu uhlíku. Pro ty transformace energie je zapotřebí pochodů oxidace-redukce. Jistě ty fosforečné sloučeniny, jako adenosintrifosforečná kyselina, tedy zkráceně ATP, které tuto energii akumulují, ji vlastně nevyrábějí. Ale vyrábějí ji oxidačně-redukční procesy mezi uhlíkatými sloučeninami a kyslíkem, případně vodíkem, dusíkem a podobně. ATP vzniká též přímo při fotosyntéze. A oxidační produkt uhlíku je plynný, tedy snadno mobilní a využitelný při fotosyntéze, dýchání atd. Naproti tomu oxidační produkt křemíku je krystalická látka. Kysličník křemičitý. Tak říkám - při té oxidaci a redukci byl uhlík nutný. Takže myslím, že to je další důvod, proč uhlík je základem živé hmoty.

Grygar: Tak kdybyste dovolili, já bych tady měl další pokračování v naší diskusi. Pamatuji si, že před několika lety, když se soudilo spíše, že život vzniká jako náhodný proces, že tedy ve světových oceánech se hrálo v kostky a tu a tam se vytvořila nějaká ta organická látka, tu se přišlo k závěru, že ta doba k vytvoření složitého organického života na Zemi je příliš krátká, než aby potřebné kombinace mohly nastat. Na druhé straně v poslední době myslím nastal obrat, který do značné míry způsobila radiová astronomie tím, že byly objeveny organické molekuly v mezihvězdném prostoru a skoro se zdá - právě proto, že to potvrzují i laboratorní pokusy - že to není tak náhodný proces, že prostě zákonitě při fyzikálních podmínkách ve vesmíru vznikají organické látky, jež právě mohou být stavebními kameny pro rozvoj živé hmoty. A v tu chvíli mi připadá nutné vrátit se k tomu, co jsem tady říkal o panspermii, totiž že je to tedy tak, že život nevzniká na planetách, ale ve vesmírném prostoru, v naprosto elementární formě, a pak ve vhodném okamžiku je dopraven na planetu, kde se mu dopřejí podmínky k tomu, aby se tam dále rozvinul.

Pacner: Totiž to jsme říkali tak, že možná, že ta špižírna existuje kdesi v obrovských vzdálenostech od nás, a potom ta kuchyně, kde se to vaří, je buď Jupiter anebo možná ještě ten mezihvězdný prostor, a ta jídelna, kde se obědvá, to je Země nebo něco podobného.

Grygar: Měli byste k tomu někdo nějaký ten názor? Kdo si myslíte, že tohle je mechanismus, který by to mohl vysvětlit?

Vítek: V poslední době se objevila řada prací, zabývajících se průkazem mimozemských aminokyselin v uhlíkatých chondritech. V jedné z posledních prací Harada dělal takovou velice přibližnou rozvahu o množství biologicky významného materiálu, který by za dobu od vzniku pevné kůry Země do pravděpodobného života, což je řádově 10^9 let, mohly na Zemi dopravit meteority za předpokladu, že jejich tok byl zhruba stejný jako je nyní. A vycházela mu při průměrných koncentracích řádově desítek mikrogramů organických látek na jeden gram hmoty meteoritu řádově množství 10^9-10^{12} tun,

což jsou čísla dostatečně velká pro to, aby mohla inicializovat nějakou reakci tady na Zemi.

Grygar: Takže snad by se tedy zdálo, že tato na první pohled dost jako fantastická záležitost má nějaké opodstatnění. Prosím.

Pacner: Ještě bych doplnil to, že když Fesenkov začal hovořit o tom, že tunguzský meteorit je kometa, Juan Oro, španělský biochemik žijící v Houstonu, přišel s hypotézou, že není vyloučeno, že těch komet za určitou dobu na zeměkouli dopadlo dosti značné množství. A že nositeli života, respektive těch organických látek, že mohly být také komety.

Budil: Podle profesora Ureyho se však s námi střetlo maximálně 100 komet za celý vývoj zeměkoule.

Grygar: Tak to už nějak souvisí se samotným Oparinem. Oparin nepředpokládal panspermii, neboť soudí, že vše vzniklo tady na Zemi.

Vítek: Je jen otázka, kde to začalo. Nakonec ta chemie, která za tím byla skryta, by byla v podstatě tatáž. To znamená prebiotická syntéza probíhala přes syntézu aminokyselin, přes syntézu purinových a pyrimidinových bází, k bílkovinám a nukleovým kyselinám. Je nakonec jedno, jestli k tomu dojde až tady na Zemi nebo jestli se to uvaří tam nahoře. Od počátku 50. let se tyto chemické pochody modelovaly v laboratoři za přítomnosti vody. Ale v roce 1971 Wollin a Ericson právě na základě skutečnosti, že v kosmickém prostoru není dostatečná koncentrace vody, vzali výchozí směs, která v sobě měla pouze ty složky, které ve vesmíru byly prokazatelně dokázány. Byl tam formaldehyd, kyselina mravenčí a amoniak, případně methanol. A ve všech případech vlivem ultrafialového záření se podařilo syntetizovat cosi, co pravděpodobně primárně byl nějaký polypeptid, který hydrolýzou potom zpětně dal aminokyseliny. My totiž nevíme, v jaké formě de facto jsou aminokyseliny v uhlíkatých chondritech obsaženy. Pokud jsem četl ty práce, tak většinou byly analyzovány vodní kyselé extrakty meteoritů. Přitom se pochopitelně odbourají případné polypeptidy na základní aminokyseliny. Mám však dojem, že někdo taky zkoumal neutrální extrakt a že isoloval polypeptid.

Grygar: Teď ještě s těmi organickými molekulami v mezihvězdném prostoru. Je tu okolnost z našeho hlediska dost důležitá. Je známo z výpočtů, že molekuly, které tam existují, jsou dosti nestabilní, prostě poločasy rozpadu jsou mezi měsíci až nanejvýš stovkami let. To znamená, že ty molekuly se tam musí neustále obnovovat. A jde o to, jak?

Vítek: Dynamická rovnováha.

Ulrych: Já pokud jsem slyšel a četl tyto teorie o vzniku života, tak většinou se všechny omezují na to, že pojednávají o vzniku organických sloučenin a nikoliv o vzniku života v pravém slova smyslu. Protože organická látka není živá látka. Mezi tím je rozdíl, to je třeba si uvědomit.

Vítek: Pochopitelně je do jisté míry pravda, co říkáte. Přinejmenším v tom, že my tady rozebíráme první krok, ten nutný, nikoliv postačující první krok. Protože bez těch organických perkurzorů ten život neuděláte z ničeho. Ale dnes už například byly uměle připraveny nukleové kyseliny, respektive nějaké polynukleotidy, které jsou schopny replikace.

Liebl: Podle rozdělení, které udělal už před několika lety profe-

sor Calvin, americký chemik, který nakreslil vývojovou tabulku od jednoduššího ke složitějšímu: Nejdřív to byl chemický vývoj a teprve když se nasyntetizovaly ty základní organické sloučeniny, to znamená aminokyseliny, složky nukleových kyselin, cukr a podobně, tak se z nich potom začaly skládat další struktury o velkých molekulách. Vývoj chemický přecházel na vývoj biologický již geneticky řízený a současný vývoj společnosti klasifikuje jako psychosociální vývoj.Ovšem slovo panspermie, pokud vím, je definováno tak, že přecházejí z jedné planety na druhou nebo z jednoho tělesa na druhé už živé struktury - organismy nebo jejich jakési spory nebo prostě zárodky života - kosmozoa. Ten život zde může být jaksi skrytý, zamrzlý - latentní. Přímo kdyby přecházely jen neživé chemické sloučeniny, tak to by ještě nebyla panspermie. Ačkoliv v širším slova smyslu by to mohla být, ale nikoliv v tom původním slova smyslu. Název panspermie (česky můžeme říci "všeobecné rozšíření zárodků") pochází od řeckého filosofa Anaxagora, a pak kromě jiných to od něho převzal Arrhenius a rozpracoval panspermii a tzv. radiopanspermii do detailů, kdy fyzikálně-chemický tlak slunečních paprsků žene kosmický prach se zárodky vesmírným prostorem. Též se uvažovalo o možnosti přenášení zárodků pomocí meteoritů, nebo dokonce tzv. řízená panspermie jinými civilizacemi. Ještě bych chtěl dodat k tomu, co říká Dr.Vítek, jestli jste myslel, že už by vznikaly mimo naši Zemi nějaké živé struktury a nebo jenom ty stavební kameny, až třeba do těch nukleových kyselin a bílkovin a ty pak přicházely na Zemi. Spíše bychom mohli souhlasit, že na Zemi mohly přicházet z vesmíru již jednoduché organické sloučeniny. Energii k syntéze mohou poskytnout při zahřátí i při dopadu padající meteority. Padající meteority mají taky značnou energii. Když dopadnou, tak při tom rázu se uvolňuje množství energie, která může napomáhat syntéze při chemickém vývoji.

Andrle: Já jsem totiž chtěl říci jednu hypotézu a byl bych rád, kdyby mně tady kolegové od biologie řekli, v čem je to nemožné. Totiž já jsem četl u profesora Šklovského v knize Vesmír, život, rozum, že na existenci života má vliv celý vesmír a jeho zákonitosti. Říká tam, že je to třeba Hubbleův zákon a podobně. A mne tedka tak napadlo: když se říká, že ve vesmíru se dneska někde buduje, volíme nepříznivé podmínky, protože dnes ve vesmíru je už malá průměrná hustota, nebo jinak že je prostě normálně ve vesmírném prostoru o hmotu bída. Kdyby se uvažovala stará etapa vývoje vesmíru, byly tehdy hustoty daleko větší a bylo proto i jistě víc příležitosti, aby tam mohly vznikat složitější látky nebo něco podobného.

Bičák: Mohly být bohužel taky větší teploty, že ano?

Vítek: To je další věc. Bohužel mezihvězdné molekuly mají velmi krátký poločas rozpadu, řádově 10^2 let, takže se musí neustále obnovovat.

Andrle: Já uvažuji už nějakou tu panspermii nebo takového něco, jestli by se její vznik nemohl posunout ještě do vzdálenější minulosti.

Pacner: Chtěl bych připomenout jednu Grygarovu teorii, o které jsme spolu diskutovali. Ty jsi říkal, že ty organické látky vznikají v oblastech, kde jsou mezihvězdná mračna a že možná tam současně taky vznikají planetární systémy. Je otázka, jestli planetární systémy hned při svém vzniku nedostávají do vínku organické látky a tam, kde se vytvoří další vhodné podmínky, pak vznikne život.

Liebl: To myslím vznikat mohou. Ale je to velice závislé na teplotě. Ani aminokyseliny nevydrží víc než několik set stupňů.

Vítek: 180°C a už se štípe.

Liebl: Ano, jsou různě odolné aminokyseliny, vždyť je jich mnoho. Jen v bílkovinách kolem 20 různých typů aminokyselin.

Grygar: Tam, kde je v mračnech mezihvězdná hmota a kde se prokázaly organické látky, nepochybně vznikají hvězdy, které jsou určitě mladší než milion roků. A tak si přece jenom myslím, že proti pesimistickému názoru jsou též nějaké optimistické možnosti. Vypadá to skoro tak, že to není takový kumšt život ve vesmíru udělat, poněvadž rozhodně tady máte zárodky mlhovin, ze kterých vznikají hvězdy. Což se zdá být skoro určitě pravda. Dnes máme dokonce i modely pro tento vývoj a to je příznivé. Zrovna tak, kde vznikají hvězdy, je i velká pravděpodobnost, že vznikají též planetární systémy, a to s dosti slušnou pravděpodobností a celkem spolehlivě. Čili tam je ten problém, jak se dostat z mezihvězdného prostoru na planetu, to mi není zcela jasné, ale nějaké jiné procesy by se daly vymyslet.

Příhoda: A co když přímo při tom procesu toho vzniku se tam dostaly, co říkáte?

Liebl: Jako je to, myslím, na Jupiteru, že tam snad teoreticky by mohl existovat primitivní život v povrchových mračnech.

Andrle: Já jsem totiž ještě chtěl dodat k otázce té panspermie, o které jsem mluvil: ono by to snad nemuselo být hned krátce po big-bangu, pokud tedy vůbec byl. Já jsem si teď vzpomněl na Ambarcumjanovu hypotézu o D-tělesech. Podle ní hvězdy nevznikají z mlhovin koncentrací, ale naopak rozpínáním nějakých protohvězd nebo něčeho podobného a tam že by snad případně mohly být nadbytky různých látek.

Příhoda: Vlastně by to znamenalo přejít do etapy intenzívního vznikání hvězd v Galaxii, kdy tyhle procesy, které dneska pozorujeme v menší míře, tady musely probíhat jaksi v míře větší. Ale podstatou se asi nijak zvlášť nelišily.

Grygar: No, tak diskuse přece jen pokročila, tak, prosím vás, další připomínky, protože tady bychom měli opět postoupit kupředu.

Hajduk: Neviem si vspomenúť na publikáciu, ale tvrdí sa v nej pri chemickom rozbore komét, že to, čo vlastne viaže časti komét k sebe a čo sa v blízkosti Slnka rozpúšťa, je vlastne obyčajná voda a nie ako sa predtým domnievali iné takéto ľady. To snad súvisí s možnostou prenosu života kométami, čo sa tuná vspomínalo.

Liebl: Já bych chtěl ještě k těm kometám, že možná jen ta jedna kometa nese asi dostatek těch uhlíkatých látek, např. kyan a kromě kyanu a podobně ještě voda a teď ten náraz, ta energie, co při tom vznikne. Když asi dopadne, tak ještě může vzniknout řada sloučenin, které prostě se tam tou energií syntetizují. To by bylo docela možné. A ještě jsem chtěl říci, že asi ten život v poměru k jeho velikosti ve vesmíru je přece jen velice vzácný (smích všech zúčastněných). Známe ho zatím jenom na Zemi, málo platné.

Vítek: Ještě jsme nikde nebyli.

Liebl: No jo.

Bičák: Vždyť to není ale pravda, probůh, vždyť se řítíme kolem Slunce 30 km/s, Slunce se řítí - já nevím - 200 km/s kolem centra

Galaxie a centrum Galaxie se řítí kolik set km/s kolem centra skupiny galaxií ... a tak dále.

Grygar: Takže my jsme vlastně viděli hodně.

Příhoda: Rád bych upozornil na to, že my tady uvažujeme některé jevy z okolí sluneční soustavy nebo ze sluneční soustavy, které známe dnes, kdy je sluneční soustava v poměrně velmi pokročilém stadiu vývoje, kdy vlastně zestárla, stará je i meteorická hmota, kometární hmota a podobně, ale právě kdybychom se přenesli do toho stádia, kdy to všechno vzniká, tak zřejmě ta tělesa měla jiný charakter. Asi také jiné chemické složení a podobně, a tam bychom se možná setkali s něčím takovým, co by vlastně skutečně tu živou hmotu mohlo přenášet, na rozdíl od dnešních meteoritů, kde dneska pozorujeme některé zvláštnosti v tomto ohledu jen na těch uhlíkatých chondritech.

Vítek: K těm meteoritům - nesouvisí to vůbec s živou hmotou, ale je to zajímavá věc, kterou bych chtěl říci. První z hodnocení výsledků z měření na Pioneeru 10 za první polovinu průletu pásmem planetek ukázalo, že nanometeority, tedy podmikronové částice, nevykazují vůbec žádný vzestup četnosti v pásmu planetek proti četnosti mezi Zemí a Marsem a že pouze v oblouku asi minut byl pozorován vzrůst četnosti částic nad 1/2 milimetru a to v době, která odpovídala zhruba průletu oblastí prvního maxima velkých ze Země pozorovaných planetek.

Pacner: Četl jsem o tom, že Saganovi se podařilo imitovat vznik nějakých organických látek nikoliv působením rentgenových paprsků, ale působením rázových vln. Chtěl bych se zeptat, jestli řekněme nějaké gravitační vlnění by nemohlo nějakým způsobem působit, prostě jestli existují gravitační jevy takového charakteru, které by mohly působit na ty organické látky.

Bičák: No, já velice pochybuji, protože energie nesená gravitačními vlnami je velice malá v případě většiny myslitelných zdrojů. Ostatně, zda se opravdu podařilo detekovat gravitační záření, to se ještě neví, takže já bych k tomu byl dosti skeptický.

Liebl: Já bych se rád zeptal, dopoledne se to tady objevilo, že život může existovat v jiných prostředích než ve vodě, například v kapalném amoniaku nebo v jiných prostředích - že byste se k tomu vyjádřili, máte-li k tomu někdo něco.

Grygar: To je zatím jenom jeden pokus, o kterém jsme tady oba mluvili.

Liebl: Ano, ano. Jenom takový doplněk: když vezmeme ty časové úseky, které my známe, tak Země je tedy stará kolem 5 1/2 miliardy let, že?

Grygar: Míň!

Liebl: Ještě míň?

Hajduk: Medzi 4 1/2 až 5 miliard snaď.

Liebl: Tak ty první nejstarší prekambrické zkameněliny jsou nalezeny v jihoafrických sedimentech. Americkými paleontology byly nalezeny ty nejstarší zkameněliny, mikrofosilie podobné bunkám, vláknům, hrozníčkovité útvary a pod. a jsou údajně staré přes 3 1/2 miliardy let, asi 3,7 miliard let. Čili těmito nálezy, ten ještě asi před 10 lety předpokládaný vznik života před asi 1 1/2 miliardou let nutně musí se posouvat na toto, případně za toto období. To znamená do doby asi až ke 4 miliardám let. Protože to, co už se na-

chází, to jsou už pravděpodobně jakési buňky. Nebo prostě zvláštní útvary - jsou to už mikrofosilie, což také mnoho neřekne, ale už to jsou tady v té době organisované útvary a zřejmě byly tenkrát živé.

Hajduk: Aká je citácia, že skáčem do toho?

Liebl: U nás v ČSSR na tom pracuje docentka Pacltová, ovšem tady v ČSSR ty přístupné prekambrické vrstvy máme mnohem mladší. Já nevím přesně, myslím ani ne miliardu let a taky se tam nacházejí různé ty fosilní struktury. A o těch strukturách byly už napsány stovky prací a už se sestavují systémy těchto prekambrických organismů. Takže vlastně na vznik života z chemických sloučenin nám zbývá velmi málo, dejme tomu když by Země byla stará jen 4 1/2 miliardy nebo 5 miliard let a dejme tomu život je tam 4 miliardy let, tak by bylo asi 1 miliarda nebo jenom 1/2 miliardy let. V tom období už by vlastně musela vzniknout i ta autoreprodukující se nukleová kyselina, a to je poměrně krátká doba. Ale potom vývoj vlastní buňky včetně změn, mutací a selekcí (výběru) genetického kodu a struktur až po složitější buňky probíhal až do začátku kambria. To je do období před asi 600 miliony let. Čili 2 až 3 miliardy let se vyvíjela buňka a genetický kod. Tedy velice dlouhou dobu. A to se pořád rozmnožovala. Prostě obrovské množství jich tady bylo, dokonce Sagan předpokládá, že někdy mohlo být víc než metr jakési předbiologické až prvotně biologické hmoty, asi možná ve formě nějakého praslizu a podobně. Výška kolem 1 metru na Zemi, když to propočítá z té organické hmoty, která je. No a pak už, jakmile došlo k utváření mnohobuněčných organismů v kambriu a dál, už se ten vývoj strašně zrychloval. Až k člověku. Též v důsledku vzrůstajícího množství kyslíku v atmosféře, činností řas a podobně. Takže opravdu na vznik těch autoreplikací byla potřeba poměrně krátká doba. Nejvíc na genetický vývoj včetně usložňování buňky.

Pacner: A přikláníš se tedy následkem toho k názoru, že ty organické látky už s sebou nesla Země nebo jaký máš názor na základě toho, cos řekl?

Liebl: Já z hlediska biochemika a biologa ty organické látky považuji za běžné stavební kameny a nezdá se mi zázrakem, že se kdekoliv objevují. Zázrakem se mi zdá nukleová kyselina. To slovo "zázrak" je míněno v tom smyslu, že je to základní, co je nutné pro život. Ale jestli někde jsou aminokyseliny nebo mravenčí kyselina, různé aldehydy, alkoholy atd, to jaksi z toho hlediska není neobvyklé, to prostě jsou stavební kameny, které se mohou poměrně snadno vytvořit, jsou-li k tomu podmínky. A ten chemický vývoj může různě začínat, už byly napsány stovky prací, že v nevodném prostředí i ve vodném prostředí tyto látky vznikají, a vznikají za různých podmínek. Experimentálně to řešili např. Calvin, Miller, Passynský, Pavlovskaja, Oro, Orgel, Fox a jiní autoři. Je to vlastně polymerace. Tak Fox se spolupracovníky to dělají v nevodném prostředí, např. zahříváním a tavením práškovitých aminokyselin, vytváří se polymery, tzv. proteinoidy a mikrosféry, a Sadron a ta skupina to dělají naopak, aby zase Foxovi ukázali, že není nutné nevodné prostředí k polymeraci a pracují v roztocích. Tato cesta se termodynamicky nebo energeticky zdála méně výhodná. Přesto probíhá tady polymerace aminokyselin zvláště pomocí kondensačních činidel zase ve vodném prostředí a dává obdobné polymerní produkty.

Grygar: Teď jsem si vzpomněl na jednu věc, která by možná mohla být dosti závažná. Nedávno byla uveřejněna práce Terryho a Tuckera v Nature, ve které autoři ukazují, že v blízkosti Země musela během 4 1/2 miliard let vzplanout řada supernov. V takové blízkosti,

že to mělo vliv na stav živé hmoty na Zemi, poněvadž zeměkoule byla ozářena tak, že to muselo mít buď velice katastrofální nebo naopak velice příznivé mutační následky pro živou hmotu, která tady byla již v určitém rozvoji. Protože frekvence supernov je dneska dosti dobře známa, tak lze spočítat intervaly těchto zásahů a aspoň kvalitativní odhady velikosti dávek záření. Čili prostě rozhodně do vývoje života na Zemi zasáhly tyhle vlivy způsobem řekl bych kvalitativním. Protože tady se mohlo stát něco velice pozoruhodného.

Hajduk: Já by som chcel priamo na toto nadviazať. V Šklovského knihe sa spomína ako štatistické kritérium, prichádzajúce do úvahy práve pre vznik života, to, že v Galaxii postupne vlastne sa objavujú supernovy, a ktorých početnosť v minulých štádiách vývoja bola väčšia než je povedzme teraz, keď ju pozorujeme, a že dá sa ukázať, že za ten vývoj, ktorý Zem prekonala, za tých zhruba 25 obehov okolo jadra Galaxie, sa rádove jedenkrát stretla so supernovou v takej blízkosti, kde značne mohla ta supernova ovlivniť ultrafialové žiarenie a vôbec žiarenie na povrchu Zeme v tom smere, ktorý má - môže mať - rozhodujúci význam. Buď pre zničenie alebo zastavenie biogenézy, ak je supernova bližšie, alebo ako nedostatočná pre podnet k biogenézi, ak je vzdialená. Takže - samozrejme - v prípade Zeme to je iba ako možnosť, ale keď by sme pozerali na výber planét, ktoré prichádzajú do úvahy ako nositelky života, potom sa toto stáva určitým kritériom výberu pre tie planéty, a dosť ostrým, ak by sa ukázalo, že je potrebný takýto impuls od nejakej supernovy. Vtedy by len určitá vhodná vzdialenosť prichádzala do úvahy ako taký podnet. Aj bližšia by eliminovala život aj vzdialenejšia. Takže v tom zmysle dá sa povedať, že je súhra kozmických faktorov potrebná na vznik života na jednej planéte. To je dosť rozhodujúce.

Vítek: Ovšem to se dost podobá Jeansově teorii vzniku planetárních systémů. Je to de facto taky katastrofická teorie vzniku života.

Hajduk: No to snáď nie. Pretože tamto je jav veľmi ojedinelý, kdežto toto je štatisticky nevyhnutný jav. Ak berieme množstvo planét, ktoré existujú. O ktorých teda dedukujeme, že ich musí ... (přerušen Vítkem)

Vítek: No ne. Vždyť nakonec i ta Jeansova teorie byla svým způsobem statisticky zhodnotitelná.

Grygar: Ovšem u Jeansovy teorie se jednalo o jevy s mizivě malou pravděpodobností. Naproti tomu se supernovami to vypadá dost pravděpodobně, neboť průměrně vzplane v Galaxii supernova jednou za 50 let, t.j. 2.10^8 supernov během trvání Galaxie. A tu se musí vyskytnout dosti vysoký počet těch, jež jsou tak blízko, že Zemi ozáří. Jen mi není jasné, jak pronikavé ultrafialové a rentgenové záření projde zemskou atmosférou. Mělo by být přece bezpečně pohlceno.

Sýkora: Já mám k tomu poznámku v tom zmysle, že nie je snáď potrebné chodiť po impulz k prechodu z neživej hmoty na hmotu živú, teda pre vznik života, až k supernovam. Z hľadiska toho, akú úlohu hralo Slnko pri vzniku a vývoji zemského telesa a aký má vplyv na život na Zemi, sa mi to zdá dokonce neprirodzené. Na poslednom kongrese COSPAR-u v Madride referoval Dr. Brueckner o pozorovaniach, ktoré boli dňa 14. decembra vykonané z paluby OSO-7. Bol pozorovaný veľmi kompaktný koronálny oblak hmoty, ktorý sa šíril od Slnka istým smerom, rýchlosťou asi 1100 km/s. Jeho rozmer 40 krát prevyšoval rozmer Zeme, pričom sa v ňom nachádzalo približne 10^{40} častíc nesúcich kinetickú energiu viac ako 10^{32} ergov, čo možno porovnať s explozívnym účinkom 100 miliónov 20 megatonových vodíko-

vých bômb. Ak by sa táto energia - to už je taký dodatok - premenila na elektrickú energiu, bolo by nou možné zásobovať svet takmer počas jedného miliona rokov. No a to, čo je dôležité, bolo, že sa urobil akýsi odhad, ako často môže takýto koronálny oblak vyvrhnutý zo Slnka zasiahnúť povedzme Zem. Bral tam do úvahy predovšetkým rozmer Zeme, rozmer toho oblaku, plochu gule, opísanej vo vzdialenosti Zeme okolo Slnka, pravdepodobnosť vzniku takého oblaku a došiel k istému číslu, ktoré samozrejme je veľmi neisté, ale uviedol 10 000 rokov. Raz za 10 000 rokov taký koronálny oblak má možnosť zasiahnúť Zem. A teraz si uvedomme, že to je proste plazma, to znamená látka zložená z nabitých častíc, tak nám je hneď jasné, že takýto oblak potom bude mať vplyv na štruktúru a na dejme tomu kolísanie ionosférických vrstiev Zeme, na magnetosféru Zeme, takisto myslím, že by mohol i pre vznik života byť prípadným impulzom.

Vítek: Ovšem říkal jste 1100 km/s.

Sýkora: Ano.

Vítek: To nejsou tak moc energetické částice. Co by s nimi udělalo magnetické pole? 1100 kilometrů za vteřinu, tak to jsou maximálně stovky keV, u protonů s rychlostí 1100 km/s to odpovídá 10^{-15}J na částici, tedy 6,5 keV.

Sýkora: Stretnutie s takým oblakom by malo asi vplyv aj na možné zmeny v ozónovej vrstve, ktorá je vo výške okolo 50 km nad Zemou a bráni príchodu škodlivých ultrafialových lúčov až na Zem. Minimálne by bolo možné vysvetliť v dejinách Zeme také podozrivé veci, ako boli náhle zmeny počasia, ľadové doby a možno aj náhle vyhynutie niektorých druhov živočíchov a rastlín.

Vítek: To není vyloučené, ale ta energie se mi zdá velice malá.

Příhoda: Pokud jde o ty výbuchy supernov v okolí naší Země a jejich vliv na vývoj života, tak tam snad nešlo o vznik života, že by to snad působilo jako iniciátor vzniku života, ale spíš o možnost mutací u druhů. Přeměny druhů. Nedávno jsme napsali takovou práci, kterou jsme nabídli k uveřejnění BAC. Ten kolega biolog ing.Ponert, který to se mnou udělal, na tomhle základě uvažoval. A hledal prostě vznik nových druhů v určitých dobách a k tomu příslušnou supernovu. Ukázalo se samozřejmě nemožné konkrétní supernovu přiřadit, nicméně frekvence vzniku nových druhů a frekvence vzniku supernov je zhruba srovnatelná. Dá se říci, že některé z těchto výbuchů mohly vyvolat některé mutace.

Grygar: Prosím vás, pomalu bychom měli diskusi uzavřít. Proto bych rád, kdyby někdo zhodnotil možnosti a řekl, jaké jsou názory na existenci života tady ve sluneční soustavě mimo Zemi.

Liebl: Je tu problém, který spíše měl být řečený na začátku. Je asi samozřejmý vám, ale my jsme to nezdůraznili. V atmosféře, kde mají vznikat první organické sloučeniny jako aminokyseliny nebo nukleotidy a podobně, ať v naší atmosféře nebo ve vesmíru, musí být nutně redukční prostředí. Jakmile by tam byl volný kyslík, tak by se ty uhlíkaté sloučeniny spálily až na kysličník uhličitý a vodu a k žádnému chemickému vývoji by nedocházelo. To původně také zdůrazňoval Oparin a to je asi jedna z jeho největších zásluh, vedle aplikace vývojové a později i koacervátové teorie. Atmosféra tedy musela být redukční, nebo prostě to prostředí, kde to vznikalo. Jakmile je dostatek volného kyslíku, tak nemůže dojít ani ke vzniku aminokyselin ani žádných látek, nedochází k chemickému vývoji, poněvadž je to spálené za působení té energie až na kysličník uhli-

čitý a vodu. Takže nutně nesmí být přítomný volný kyslík tam,kde se vytvářejí ty první stavební kameny bílkovin, nukleových kyselin atd., prostě těch složek živé hmoty. Pak mám tady poznámku, jak tady říkal pan profesor, že by to nemohly být jiné látky. Ptal jsem se jednoho teoretického chemika a on říkal: Pro vytváření autoreprodukce jsou především nutné heterocyklické sloučeniny a to jsou právě ty purinová (A,G) a pyrimidinová báze (U,T,C) v nukleových kyselinách. Aminokyseliny ani bílkoviny nejsou komplementární a neautoreprodukují se. To dělají jen ty nukleové kyseliny. Teoreticky tedy snad by byla podle něho ještě vhodná kombinace bor a dusík. Může taky vytvářet něco podobného, jakési heterocyklické sloučeniny jako jsou puriny a pyrimidiny, že by se střídal bor, dusík, bor, dusík, bor, dusík. Tak toto by snad mohlo ještě být. Ovšem stabilita těchto sloučenin mi není známa.

Vítek: Ale i silikáty mají cyklické molekuly. U kombinace bór-dusík zase platí podobná námitka jako u těch křemičitých sloučenin. Zase je nutná mnohem vyšší aktivační energie při vzniku těch molekul.

Liebl: Ano.

Vítek: A to je zase špatné. Prostě je snazší udělat to s tím uhlíkem. To ostatní je trochu komplikovanější.

Grygar: No a obecně soudíte, že někde by mohly být nějaké zárodky nebo i vyvinutý život?

Liebl: Jako obecně aspoň, na Jupiteru nabo Marsu? Pravděpodobnost je však malá.

Grygar: Takže se zdá, že to zbývá zase na závěrečných slovech?

Liebl: Já bych k tomu chtěl něco dodat. Tak původně se předpokládalo, v Nature a v jiných časopisech, že zárodky života, např. spory mikrobů , se mohou vyskytovat třeba na Měsíci. Tak to už bylo víceméně vyvráceno studiem vzorků z Měsíce. Potom se soudilo, že je život na Venuši. To se zdálo tak nějak nejpravděpodobnější. Ale teď víme, že jsou tam vysoké teploty a život tam není. Tak ještě zbývá Mars a ta oblaka nebo jak to mám nazývat u Jupitera a u Saturna. Jedině tam. Ale zase asi taky to bude anulováno, jak se zdá. Poněvadž Mars taky má nějakou nevýhodu, nedostatek vody a potom ještě něco, jsou tam nevýhodné teploty, moc málo volného kyslíku, prašné bouře a podobně.

Vítek: Záření až na povrch.

Liebl: Ano. To by tam mohlo zabíjet ty předpokládané organismy. Četl jsem zajímavý poznatek. Když planeta střední velikosti nemá magnetické pole a to pokud vím Mars a Venuše nemají, intenzivní kosmické záření, které nemůže být odchylováno jako u naší Země, během milionů let postupně rozloží na planetě veškerou vodu, která vzniká odplyněním nitra planety. Vodík uniká do prostoru, těžší kyslík okysličuje povrch. A bez vody nemůže být života - alespoň ne takového, jaký známe zde na Zemi.

Příhoda: Ovšem pokud jde o toho Jupitera, tak tam máte sice na povrchu nízkou teplotu, nicméně směrem dovnitř ta teplota stoupá, to těleso má zdroje vlastní energie asi tak rovné množství energie, které přichází zvnějšku.

Vítek: Podle předběžných výsledků měření Pioneera 10 je množství Jupiterem vyzářené energie asi 2,5 x větší než přijaté od Slunce.

Příhoda: No řádově je to asi tak stejné, ono se to přesně taky neví, uvnitř je vodíkové prostředí a samozřejmě organické látky v něm.

Je tohle prostředí, které by skutečně vylučovalo možnost života, nebo by se dal principielně život tam připustit? Jaký je na to váš názor?

Liebl: Je taková už poměrně stará, prostě taková širší teorie života, že. Ty uhlíkaté sloučeniny, nevím, jestli uhlíkaté sloučeniny mohou existovat na Jupiteru v té podobě jako u nás a že by vytvářely živé soustavy bez vody. Možná v kapalném amoniaku, možná že jo. Hlavně aby se to autoreplikovalo - rozmnožovalo - to je základní kritérium života. Možná při hodně fantazie ano. Ale teď nevím, jestli to vůbec možné je nebo ne, těžko říci. Nedovedu na tohle odpovědět. Voda je naprosto nutnou podmínkou pozemského života. Možná za určitých modifikací těch uhlíkatých sloučenin nebo na jiném základě by bylo možné třeba jiné prostředí, kde by ten "jiný život" mohl být. Nebo že by existoval v nějakých prostě úplně suchých, případně zmrzlých strukturách. Nebo v kapalném amoniaku, kyanovodíku a pod. Vhodné kapalné prostředí je asi nutné.

Grygar: Tak já myslím, že snad by bylo dobré, kdyby Dr. Liebl připravil závěrečné slovo, ale musíme mu ještě asi dát čas na rozmyšlenou?

Liebl: Já bych se pokusil třeba hned. Dalo by se říci, že z diskuse vyplynulo, že život rozhodně aspon na naší planetě a zřejmě i jinde ve vesmíru je vázán na uhlíkaté sloučeniny. Mnoho důvodů teoretických i nakonec praktických, které nalézáme na Zemi, svědčí pro to, že to jsou uhlíkaté sloučeniny. Nemůžeme ale naprosto vyloučit, že by to nemohly být sloučeniny jiné, ovšem zdá se, že to jsou hlavně uhlíkaté sloučeniny. Sledování historie vzniku a vývoje života na Zemi je vlastně sledování historie prvku uhlíku a vývoje jeho sloučenin. A tyto sloučeniny musí mít určitou značnou organisovanost strukturální, aby mohly vytvářet život, živé systémy, to znamená, musí vytvářet účelně konstruované makromolekuly. Aspon tak to známe z naší Země. K tomu, aby vytvářely vhodné bio-makromolekuly, jsou nutné určité etapy jejich vývoje. Nejdříve to prostředí, pravděpodobně musí být, jak vyplývá i z laboratorních pokusů, redukční, to znamená bez volného kyslíku, tak tomu bylo na Zemi a je tomu zřejmě tak i ve vesmíru, kde by se měl vytvářet život. A později zase, aby se ta hmota, už živá, mohla vyvíjet dál, aby třeba z jednobuněčných mohly vznikat mnohobuněčné organismy, je tady nutný pro ty organické pochody kyslík. Aby ta energetika a ostatní věci jako pochody výměny látkové a j. byly dokonalejší. Volný kyslík převážně vznikl a vzniká pomocí rostlin fotosyntézou z vody a potom, jak se zdá, menší část možná i disociací vodních par v atmosféře. Ale hlavně asi tou fotosyntézou. Takže toto uvedené prostředí pro vývoj života bylo asi nutné. A život na Zemi a možná i jinde nutně potřebuje vodu. To, co je životu vlastní, je schopnost autoreplikace nebo též autoreprodukce. To znamená, že určitá speciální makromolekula (u pozemských organismů nukleová kyselina) má v sobě molekulární zápis, obdobně jako třeba magnetofonový pásek a "pamatuje" si historický vývojový proces života a dovede ho rozmnožovat a předávat potomstvu. Nelze tedy předpokládat, že by život vznikl náhodně a předpokládá se celkem už jednoznačně, že vznikl dlouhodobým vývojem a tento vývoj že si jaksi organismy pamatují, že ho mají zaznamenán v miniaturizované molekulární paměti nukleových kyselin (génech a chromozomech) a že ho umějí autoreplikovat. Tomu nejlépe vyhovují dosud jediné ze známých látek z organické chemie, právě nukleové kyseliny. U žádné jiné organické látky zatím nebylo prokázáno, ani v laboratoři, že by byla schopna kopírovat sama sebe. To dokážou jedině nukleové kyseliny, v anorganické přírodě na nižší

úrovni snad některé silikáty, krystaly a pod. A bylo to podloženo mnoha pokusy, experimentálně, že se mohou tyto nukleové kyseliny kopírovat. Kromě toho již jsou známé genetické kody v nukleových kyselinách, jak se přenáší struktura a tedy molekulární informace do dalších nukleových kyselin, do bílkovin a podobně v živém organismu. Dále se zde hovořilo o tom, může-li život existovat na základě třeba křemíku a byly tady námitky z hlediska chemického, fyzikálního a energetického, že pravděpodobně to není možné. Že křemík nemůže vytvářet tak složité a pro život účelné mnohoatomární struktury, schopné přenášet informaci a podobně, jako jsou makromolekulární uhlíkaté sloučeniny. A taky by byla nutná značná aktivační energie k jejich vzniku. Též produkty oxidace křemíku jsou tuhé látky atd.

Nyní k otázce panspermie v širším slova smyslu: byly dokázány organické molekuly ve vesmíru a i v meziplanetárním prostoru.

Grygar: V mezihvězdném.

Liebl: V mezihvězdném i meziplanetárním prostoru. Myslím, že není překvapující, že tam tyto látky mohou vznikat, nebo mohly vznikat i kdysi dávno. Pozoruhodné je, že jsou za těchto podmínek poměrně stálé. Je také pravděpodobné, že se zase přeměňují, čili zanikají a zase vznikají a tím, že zanikají a vznikají, mohou se tam vytvářet i organické látky ještě složitější. A je zcela možné, že potom nějakým způsobem se přenášejí v meteoritech a nebo snad jako nějaký kosmický prach nebo v podobě jakéhosi deště by mohly přicházet na Zemi, kde byly pravděpodobně vhodné podmínky a tady se mohly vyvíjet dále. Ovšem není vyloučeno a dokonce to vyplývá z Oparinovy teorie, že tyto látky vznikaly také přímo na Zemi v té prvotní, správněji řečeno prebiotické redukční atmosféře. A jsou dnes již i geologické důkazy, např. redukované sloučeniny železa v prekambrických sedimentech, že atmosféra na Zemi prvotně měla redukční vlastnosti. Myslím, že není podstatné, jestli ty látky vznikají ve vesmíru nebo na zemském povrchu, to celkem nemusí nějak od základu měnit koncepce vzniku života na Zemi. Pro existenci určitých látek je zapotřebí určitá teplota a určité prostředí. Jenom v určitém rozmezí teplot mohou uhlíkaté organické látky existovat. A právě rozmezí teplot pro ty složitější látky jako jsou třeba bílkoviny nebo nukleové kyseliny je v podstatě od 0 do 100°C. Může to být teda i pod 0°, ale pak je asi malá možnost vytváření makromolekul i jejich organisovaných systémů jako koacervátů a mikrosfér a precelulárních struktur, protože voda je v tuhém stavu. Jaké energetické zdroje mohou napomáhat vytváření organických sloučenin a života: tak jednak záření, el. výboje, pak případně komety a rázové vlny. Komety by zároveň mohly přinášet některý organický uhlíkatý materiál. Což je jistě velmi zajímavé, ovšem myslím v současné době dost málo diskutované. Nebo výbuch supernov mohl být významným faktorem jak k dodávání energie pro syntezu těch organických látek, tak zvláště pro případné mutace již vzniklých primitivních organismů. Pokud výbuch těch supernov byl poblíž naší Země. Mnohé organismy (citlivější) mohly tak i vyhynout. Pro vznik života je tedy nutná souhra mnoha kosmických faktorů, zřejmě bude nutná existence hvězdy, která dodává energii, a vhodné planety, která dodává zase stavební hmotu a vhodné prostředí, aby se život mohl rozvíjet. Přesto, jak se zdá podle poznatků na Zemi, je to dlouhodobý proces. Faktor času ve vývoji byl ještě málo prostudován a velice těžko se sleduje. Daleko hůř než mnohé jiné faktory. Právě to mnohé, co se děje v dlouhých časových intervalech. Já myslím, to že by tak bylo zhruba všechno, snad na závěr mohu ještě říci, že život, jak jej

známe v současné době, je velice složitý a musel proběhnout dlouhou dobou vývoje, jak nám to dnes nejlépe naznačují Oparinova, Foxova, Calvinova i jiné teorie.

Grygar: (Děkuje Dr. Lieblovi za velmi výstižné shrnutí diskuse a žádá diskutující, kteří by měli odlišný názor nebo odlišné mínění, aby ho vyjádřili).

Pacner: Jenom jednu připomínku, že loni na sovětsko-americkém symposiu se diskutovala také stará Shapleyho teorie o možnosti života na hypotetických bludných planetách, které mají vlastní zdroj energie podobně jako zčásti má Jupiter.

Grygar: A výsledek?

Pacner: Na ničem se neshodli.

Liebl: Čili by nebyla nutná existence hvězdy a planety, že? Stačila by jenom ta planeta nebo jiné vhodné vesmírné těleso.

Příhoda: Ještě bych se rád při této příležitosti zeptal, zda je nějaká evidence po kinematické a dynamické stránce, že by takové planety mezi hvězdami ve větším počtu nemohly existovat. V rámci Galaxie už by se třeba jejich množství mohlo nějak projevit. Jestli nějaká taková evidence je?

Grygar: Myslím, že žádný takový positivní důkaz neexistuje, také si dosti těžko dovedu představit...

Příhoda: Po pozorovatelské asi ne, ale ...

Grygar: Ale nějaká solidnější teoretická úvaha by snad mohla být.

Andrle: Znalosti o rychlostech hvězd také nemáme dostatečně přesné, aby bylo možné zjistit, jakým způsobem by nějaká taková planeta mohla něco ovlivnit.

Příhoda: Ano. Čili zdá se, že je možné předpokládat, že třeba v Galaxii je dosti značné procento hmoty soustředěno v těchto planetách, aniž by se to projevilo nějak na dynamice Galaxie?

Grygar: Já si myslím, že obecně je to dosti obtížné. Vždyť sotva máme přesný důkaz, že existuje planeta u některé cizí hvězdy. V podstatě jediný takový důkaz je Barnardova hvězda, a i tam, když to tak vezmeme, tak je vlastně velice zvláštní, neboť van de Kamp tvrdil, že je tam jedna planeta, pak po několika letech přidal druhou a teď se uvažuje, že tam jsou možná tři; čili aspon jedna planeta vysvětlí pohyb Barnardovy hvězdy, ale tam mluvil o jedné planetě, tak a to všechno ostatní už je asi spekulace.

Příhoda: Já jsem si předem uvědomil, že není možné to přímo zjistit, třeba zakrýváním disku té hvězdy planetou, proto jsem ani o tom nemluvil.

Andrle: Že v Galaxii bude hmota, o které se neví, a podobná situace je i v druhých galaxiích, to myslím je velice přijatelná hypotéza. Protože některé věci vypadají jinak, než se nám jeví z pozorování. Například už Ambarcumjan upozornil v Berkeley, že existují galaktické kupy, které se podle měření radiálních rychlostí musí rozpadat. A přitom vzhledově vypadají jako kdyby to byly velice stabilní útvary. Je tam tedy zřejmě mnohem víc hmoty než jsme schopni pozorovat. Zrovna tak se tvrdí, že v Galaxii by mohla být nadbytečná hmota, dneska se říká většinou, že by to mohly být nějaké ty černé díry nebo že by tam mohly být taky bludné planety.

Grygar: No já bych ještě k tomu řekl, že se soudí, že v Galaxii až

1/3 hmoty může být v černých děrách. Jestli je toto možné a Galaxii to nějak tak viditelně neovlivňuje, tak je tam spousta prostoru na to, aby tam byly i další planety. Jak známo, u galaxií obecně mohu hmotu určovat v podstatě dvojím způsobem: buď ze vztahu mezi hmotou a svítivostí, což znamená, že musíme zjistit svítivost té galaxie a odtud obdržíme svítivou hmotu, anebo využijeme teorému o viriálu, což je možnost pro kupy galaxií, a ty hmoty nesouhlasí v poměru 1 : 100! Tak vidíte: dostali jsme se zpátky k tomu, u čeho jsme ráno začínali. Prosím vás, byla by ještě nějaká připomínka? Zdá se, že tomu tak není. Já si myslím, že bychom si teď udělali zase asi tak desetiminutovou přestávku, po níž bude na programu astrologie (prosí, aby si účastníci rozmysleli, kdo bude shrnovat), a kdyby nám zbylo ještě takových 10 minut času, tak bychom si měli pohovořit na páté téma, jak se mi to líbilo nebo jak se vám to líbilo a zda bychom se měli teda zase někdy sejít.

Horský: Na příští schůzi Kosmických rozhledů (všeobecný smích).

Liebl: Já mám ještě poznámku. Chci jen zdůraznit, že život právě je velice subtilní záležitostí ve vesmírném vývoji na rozdíl od většiny vesmírných procesů. A ta subtilnost je dána samozřejmě - nemyslím jenom u lidí, to už je nejvyšší forma vývoje pozemského života, již vlastními organickými molekulami a zvláště bio-makromolekulami a jejich systémy. Tak například molekuly nukleových kyselin a bílkovin jednak nesnášejí žádné velké změny teplot a ani mechanicky nejsou příliš odolné, proto kdyby měly vzniknout někde třeba mimo pozemské organismy, tak musí nutně být něčím chráněny. Dneska víme, že vláknitá desoxyribonukleová kyselina když se třeba prudce míchá v roztoku, tak se potrhá a pokazí. Čistě mechanicky, protože není nějak chráněna. Čili: základní molekulární struktury života už jsou velice subtilní a fragilní, což nutně vyžaduje určitý vývoj např. v ochranných systémech, kterými mohly být zpočátku koacerváty a později organismy. A ještě bych chtěl zdůraznit, že právě to, co je pro život nejdůležitější, je ta schopnost replikace informativních molekul nukleových kyselin, které přenášejí dědičné vlastnosti a tím umožňují rozmnožování organismů. V historické paměti nukleových kyselin jsou uloženy informace tak, aby se při vývoji nemuselo opakovat mnoho nesmyslného, co již přírodním výběrem bylo vyloučeno, a už se opakují jen události, které už byly zakodované. Tím se ten vývoj urychluje a vůbec umožňuje. Proto z biologického nebo biofyzikálního hlediska je nejvýznamnější ta autoreprodukce nukleových kyselin a organismů a je základním kritériem života.

Vesmírný vývoj

Vývoj kultury a civilizace	Rozvoj a zánik některých civilizací
Vývoj druhů	Rozvoj a zánik některých druhů
Vývoj života	Zpočátku málo diferencovaná živá hmota
Vývoj molekul	Molekuly anorganické, organické, krystalisace, polymerace, shlukování. Vytváření zemské kůry, hornin, atmosféry a oceánů.
Vývoj prvků	Doplňování neutrony, protony a elektrony. Přeměny, diferenciace, shlukování i rozptylování prvků ve vesmírném prostoru.
Vývoj hvězd	Svítivost, hustota, proměny, vyhasnutí. Explose.
Vývoj vesmíru	Expanse. Vytváření galaxií.

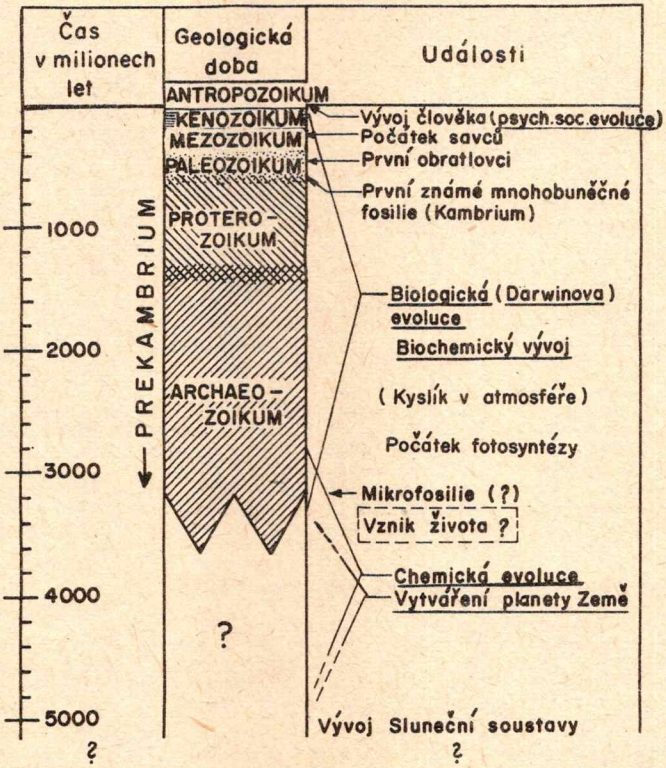
(Vesmírný vývoj podle S.W.Foxe a A.Wooda 1968, doplněno).

Vývoj planety Země v závislosti na čase

(podle M. Calvina 1969, upraveno).

Kdybychom si v současné době předpokládaných 5-6 miliard let stáří naší Země myšlenkově zkrátili na 1 rok, pak by život vznikal již na jaře a vytvářely by se primitivní bunky eobiontů; zde jsou známy již první mikrofosilie staré přes 3 miliardy let (Barghorn, Schopf a jiní autoři). Až do pozdního podzimu, během celého prekambria, by se vyvíjely a diferencovaly tyto jednobuněčné příp. soubuněčné primitivní živé systémy, jejich genetický kod, metabolismus a buněčná struktura. Tento složitý vývoj buňky trval nejdelší dobu, a to 2-3 miliardy let! V atmosféře stoupal v důsledku fotosyntesy obsah kyslíku, který podnítil další vývoj. Až z kambria, "pozdního podzimu", jsou známé první mnohobuněčné fosilie. Dále již pokračoval vývoj života relativně rychle. Koncem listopadu by se objevily trilobiti. Začátkem prosince první obratlovci. Velcí ještěři uprostřed prosince. Koncem prosince by začal vývoj savců. Vývoj člověka (před několika miliony let) by začal 3 hodiny před půlnocí na Silvestra. Kulturní dějiny člověka (asi 5000 let) by začaly půl minuty před Silvestrovskou půlnocí.

(Text k tabulce na str. 21)



Novější údaje k této tabulce viz diskusi na str. 11 dole (pozn. redakce).

Zdeněk Mikulášek

2. Závislost vývojových charakteristik na hmotě hvězdy

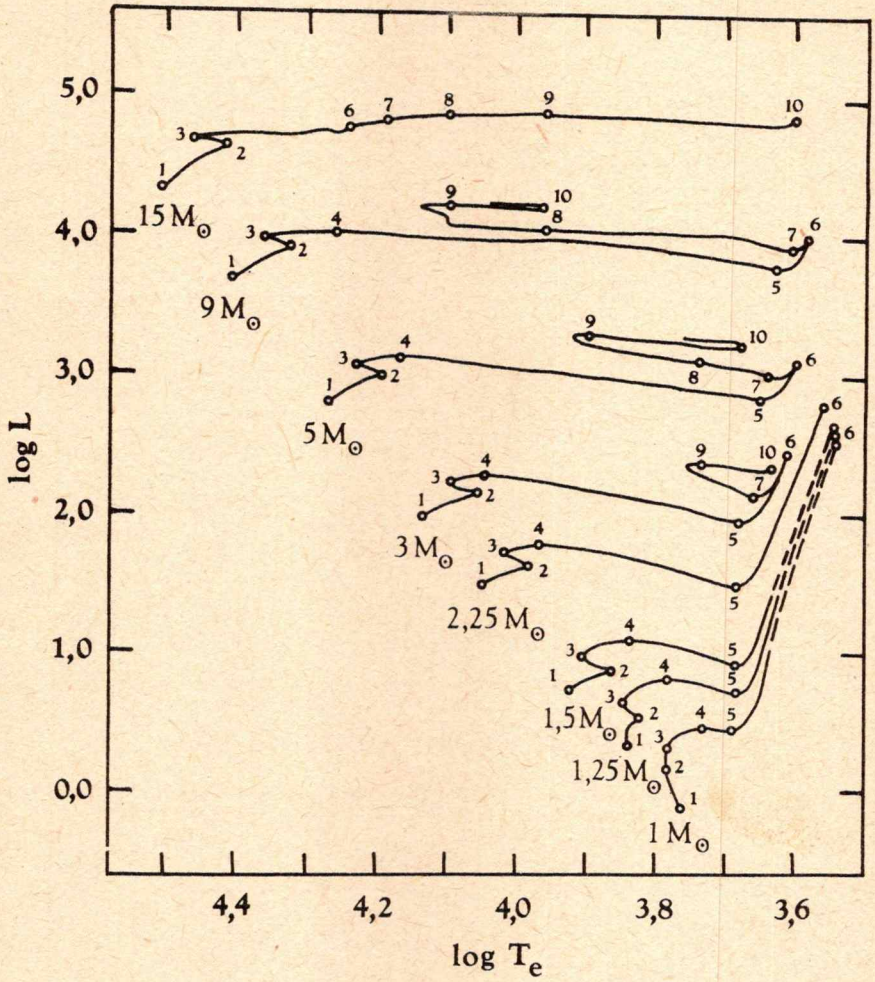
Kvantitativní rysy vývoje hvězd, jako třeba doba jaderného hoření, jsou určeny především hmotou hvězdy. Ostatní charakteristiky hvězdy, jako chemické složení, rotační moment nebo makroskopické magnetické pole, ovlivnují hvězdný vývoj v mnohem menší míře. Hmoty hvězd I. populace se pohybují v rozmezí od několika desetin hmoty sluneční do takřka stovky hmot Slunce. V tomto rozsahu se doby jaderného hoření liší o více než 6 řádů: od několika stovek tisíc let u těch nejhmotnějších až po několik stovek miliard let u těch nejméně hmotných. Nicméně však kvalitativní rysy vývoje, jakým je kupříkladu poměr doby strávené ve fázi hoření hélia ku době hoření vodíku v jádru, jsou již podstatně méně závislé na velikosti hmoty hvězdy. Na základě podobnosti vnitřní stavby, která vlastně celý vývoj hvězdy určuje, a podobnosti topologie vývojových drah je možné zařadit určitou hvězdu do jedné z několika málo skupin - jistých vývojových rodin. Soustředíme-li se však na pokročilejší stádia hvězdného vývoje, zjistíme, že počet takovýchto vývojových rodin se stupněm vývoje rapidně vzrůstá. Tato skutečnost nám silně připomíná obdobnou situaci ve vývoji živých organismů, kde komplexnost a diferenciace různých typů živočichů vzrůstá s časem, sledujeme-li tento vývoj od původní jednobuněčné améby.

Na obr. 2 jsou na HR diagramu znázorněny vývojové dráhy hvězd I. posloupnosti o různé hmotě. Počáteční chemické složení všech modelů je shodné s počátečním chemickým složením modelu hvězdy s hmotou 5 $M_\odot$, jejíž vývoj byl detailně diskutován v prvé části tohoto článku (viz KR 1973/3). Nepřerušované čáry jsou bezprostřední výsledky série modelových výpočtů Icko Ibena, čárkovaně jsou vyznačeny aproximace. Tabulka 1 přináší informaci o trvání jednotlivých vývojových fází, jejichž hranice jsou na vývojových drahách označeny čísly.

2.1 Fáze hvězdy na hlavní posloupnosti

Ve všech případech odpovídá interval mezi body 1 a 2 hlavní fázi hoření vodíku v jádru. Protože většinu svého aktivního života hvězda stráví v intervalu mezi body 1 a 2 a protože tento interval leží uvnitř poměrně úzkého pásu na HR diagramu, kterému říkáme hlavní posloupnost, označujeme fázi hoření vodíku v jádru jako fázi hvězdy na hlavní posloupnosti.

Hvězdu na hlavní posloupnosti můžeme charakterisovat její svítivostí, barvou, případně dobou aktivního života. Všechny tyto charakteristiky jsou funkcemi hmoty hvězdy. Nejhmotnější hvězdy hlavní posloupnosti jsou modré, velmi svítivé a vyvíjejí se přitom neobyčejně rychle. Naproti tomu méně hmotné hvězdy tráví svůj velice dlouhý a poklidný život v pravé dolní části HR diagramu. V rámci rozsahu hmot, které figurují na obr. 2, závisí střední svítivost hvězdy $\bar{L}$



Obr. 2. Vývojové dráhy modelů hvězd I. populace v rovině Hertzsprungova - Russellova diagramu. Hmoty modelů : 15; 9; 5; 3; 2,25 ; 1,5; 1,25 a 1,0 $M_\odot$. Svítivost L je udávána v jednotkách slunečního výkonu, efektivní povrchová teplota T_e ve stupních Kelvina. Čísla na jednotlivých vývojových drahách vyznačují hranice různých vývojových fází. Délky trvání těchto vývojových fází uvádí tabulka 1.

ve stádiu hvězdy na hlavní posloupnosti na hmotě M zhruba podle zákona:

$$\bar{L} \sim (M/M_{\odot})^{n} ,$$

kde index je roven 5 pro hvězdy s hmotou Slunce a 3 pro hvězdy s hmotami kolem 15 $M_{\odot}$. Doba strávená na hlavní posloupnosti se pak řídí vztahem:

$$t_{hp} \sim 10^{10} (M/M_{\odot})(\bar{L}_{\odot}/\bar{L}) \text{ let.}$$

Tento vztah je snadno pochopitelný, uvědomíme-li si, že zásoba jaderného paliva je zhruba úměrná hmotě hvězdy, zatímco rychlost čerpání paliva je úměrná střední hodnotě výkonu hvězdy - svítivosti hvězdy.

Ačkoli se strukturní a vývojové charakteristiky hvězd hlavní posloupnosti mění s hmotou spojitě, je užitečné si je rozdělit do dvou skupin: na hvězdy horní a dolní části hlavní posloupnosti. Hvězda s hmotou 5 $M_{\odot}$ je typickou představitelkou hvězdy horní části hlavní posloupnosti. Pro zvolené chemické složení se nachází spodní hranice hvězd horní části hlavní posloupnosti u hmoty kolem 1,75 $M_{\odot}$. Horní hranice skupiny hvězd dolní části hlavní posloupnosti leží v blízkosti hmoty 1,1 $M_{\odot}$. Hvězdy s hmotami od 1,1 do 1,75 $M_{\odot}$ jsou jakýmsi přechodem mezi oběma vývojovými skupinami a nesou znaky obou skupin. Nejmarkantnějším rozdílem ve stavbě hvězd horní a dolní části hlavní posloupnosti je existence nebo naopak absence rozsáhlého konvektivního jádra. Na otázku, zda se vytvoří či nevytvoří rozsáhlé konvektivní jádro, nám dává odpověď stupeň koncentrace zdrojů jaderné energie. U hvězd horní části hlavní posloupnosti hraje v energetické bilanci hvězdy dominantní úlohu energie uvolněná jadernými reakcemi CN cyklu (rov. 1 až 6). Produkce energie, která je CN cyklem uvolnována, je nesmírně citlivá na změnu teploty. Z toho důvodu je oblast, ve které vzniká převážná část výkonu hvězdy, velice malá a silně koncentrovaná kolem středu hvězdy, kde panuje nejvyšší teplota. Obrovský tok energie vycházející z této relativně velmi malé energeticky aktivní oblasti hvězdy už nemůže být přenášen prostřednictvím zářivé difuze a proto se ke slovu dostává konvekce. V rámci konvektivního jádra se energie přenáší takřka výhradně promícháváním, od hranice konvektivního jádra, kde je již hustota toku energie menší, zajišťuje přenos energie zářivá difuze.

Z vývojového hlediska je nejdůležitějším důsledkem existence konvektivního jádra skutečnost, že navzdory tomu, že k intenzivní změně chemického složení hvězdy dochází jen v poměrně malé centrální oblasti hvězdy, silné promíchávání látky v konvektivním jádru hvězdy nakonec vede k tomu, že celé konvektivní jádro je takřka chemicky homogenní. Při vývoji se tedy mění chemické složení oblasti nesrovnatelně větší než je oblast intenzivního jaderného hoření. Tento zcela specifický vývoj chemického složení vnitřních částí hvězd horní části hlavní posloupnosti pak určuje celý vývoj hvězdy na hlavní posloupnosti a zčásti i charakter dalšího vývoje.

V závěru fáze, kdy hoří vodík v jádru, podléhají hmotné hvězdy celkové kontrakci, která se na HR diagramu projeví zvýšením svítivosti i povrchové teploty. Na obr. 2 této fázi odpovídá úsek vývojové dráhy mezi body 2 a 3.

Ve srovnatelných fázích vývoje hvězd horní části hlavní posloupnosti roste podíl hmoty konvektivního jádra na hmotě celé hvězdy s hmotou. Znamená to tedy, že když vodík v centrálních oblastech hvězdy zcela vymizí, je hmota héliového jádra hmotnější hvězdy

relativně větší. V další fázi hvězdného vývoje dochází k vytvoření slupkového zdroje, který obepíná vyhořelé héliové jádro. Pokud je hoření vodíku ve slupce jediným zdrojem energie hvězdy, může být takováto hvězda stabilní jen v tom případě, činí-li hmota vyhořelého héliového jádra hvězdy méně než jednu desetinu hmoty hvězdy. Protože v průběhu hoření vodíku v tlusté vrstvě (3 až 4) hmota vyhořelého héliového jádra neustále vzrůstá, je zřejmé, že doba, kterou hvězda v této fázi stráví, bude též závislá na počáteční hmotě héliového jádra. Hmotné hvězdy procházejí touto fází velmi rychle, neboť mají, jak jsme ukázali výše, relativně velké héliové jádro. Hvězdy méně hmotné tráví v této fázi poměrně delší část svého života, přičemž v závěru fáze hoření vodíku v tlusté vrstvě se ukazuje, že spálily přibližně totéž procento vodíku na hélium jako jejich hmotnější kolegyně.

V principu je možné vytvořit model hvězdy s hmotou nad 100 $M_\odot$. Testy stability takovýchto modelů však ukazují, že tyto hvězdy jsou během fáze hoření vodíku v jádru hvězdy pulsačně nestabilní. Dá se proto předpokládat, že hvězda, jejíž hmota překročila mez stability, se bude pulsacemi postupně zbavovat nepohodlné hmoty a to tak dlouho, dokud se v jejím nitru neustaví rovnovážný stav.

Slunce spolu s hvězdou 1 $M_\odot$ (má jiné chemické složení než Slunce), jejíž vývoj je naznačen na obr. 2, jsou typickými představitelkami hvězd dolní části hlavní posloupnosti. Pro námi zvolené chemické složení se tato oblast rozprostírá od 0,5 $M_\odot$ do 1,1 $M_\odot$. V nitru těchto hvězd panuje menší teplota nežli v nitrech hvězd horní části hlavní posloupnosti a produkce energie uvolněné CN cyklem je proto velmi malá. Ke slovu se nyní dostává energie uvolněná pomocí řetězce proton-protonových reakcí. Rychlost proton-protonových reakcí je mnohem méně závislá na teplotě, než rychlost reakcí CN cyklu. Z toho důvodu je oblast intenzivního hoření vodíku velice rozsáhlá. Značná rozptýlenost zdroje energie je i příčinou toho, že se v nitrech těchto hvězd nevytvářejí konvektivní jádra. Zářivá difuse je totiž schopna odtransportovat veškerou vyrobenou energii až k povrchovým vrstvám hvězdy a nemusí si přitom zvát na pomoc jiné mechanismy přenosu energie. Základní znak příslušníků rodiny hvězd dolní části hlavní posloupnosti - neexistence konvektivního jádra - je tedy důsledkem toho, že hlavním zdrojem energie v těchto hvězdách je teplotně méně citlivý proton-protonový řetězec.

Proton-protonový řetězec jaderných reakcí, který je dominantním zdrojem energie méně hmotných hvězd hlavní posloupnosti, má několik verzí. Nejčastěji uváděnou a pohříchu též nejméně účinnou verzí p-p řetězce je tato:

$$H^1 + H^1 \longrightarrow D^2 + e^+ + \nu \qquad (12)$$

$$D^2 + H^1 \longrightarrow He^3 + \gamma \qquad (13)$$

$$He^3 + He^3 \longrightarrow He^4 + 2\,H^1 \qquad (14a)$$

Tento sled jaderných reakcí nabude významu jen v tom případě, kdy jádro hvězdy bude složeno výhradně z vodíku. K tomu však v reálných případech nikdy nedochází, neboť látka i právě zrozené hvězdy obsahuje kromě vodíku i jisté procento hélia. Přítomnost hélia pak umožňuje i jiné způsoby průběhu jaderných reakcí p-p řetězce. Společným znakem dalších verzí p-p řetězce je to, že prvé dvě reakce (12) a (13) proběhnou stejně jako u výše uvedené verze, avšak do třetí reakce vstoupí jádro hélia - He^4 jako katalyzátor jaderných reakcí. Rychlost jaderných reakcí p-p řetězce katalyzovaného héliem je o ně-

kolik řádů větší než rychlost sledu (12) až (14a). Naznačme si dvě možné cesty dalšího průběhu jaderných reakcí:

$$He^3 + He^4 \rightarrow Be^7 + \gamma \qquad (14b)$$

$$Be^7 + H^1 \rightarrow B^8 + \gamma \qquad (15ba) \qquad Be^7 + e^- \rightarrow Li^7 + \nu \qquad (15bb)$$

$$B^8 \rightarrow Be^8 + e^+ + \nu \qquad (16ba) \qquad Li^7 + H^1 \rightarrow Be^8 \qquad (16bb)$$

$$Be^8 \rightarrow 2\,He^4 \qquad (17b)$$

Be^7, Be^8, B^8 a Li^7 jsou izotopy berylia, bóru a lithia. (V odborné literatuře se často setkáte se zkráceným zápisem sledu jaderných reakcí. Pro ilustraci si uveďeme zkrácený zápis druhé a třetí verze proton-protonového řetězce:

2.verze: $H^1(p,e^+\nu)D^2(p,\gamma)He^3(\alpha,\gamma)Be^7(p,\gamma)B^8(,e^+\nu)Be^8(,\alpha)He^4$

3.verze: $H^1(p,e^+\nu)D^2(p,\gamma)He^3(\alpha,\gamma)Be^7(e^-,\nu)Li^7(p,)Be^8(,\alpha)He^4$.)

Poslední dvě verze proton-protonového řetězce se od sebe liší tím, že stabilní jádro berylia Be^7 buď zachytí elektron a vytvoří tak izotop lithia Li^7 nebo se nepružně srazí s protonem a vytvoří nestabilní izotop boru B^8. Pravděpodobnost těchto procesů je silně závislá na teplotě. Zachycení elektronu je děj relativně častější při nižších teplotách, nepružná srážka s protonem je naopak častější při vyšších teplotách. Ve hvězdách typu Slunce, kde panuje v okolí centra teplota kolem 16 milionů stupňů, je pohlcení elektronu dějem několiktisíckrát pravděpodobnějším než nepružná srážka s protonem.

Ve hvězdách s malou hmotou, kde centrální teplota nepřekračuje 6 milionů, se uskuteční jen prvé dvě reakce p-p řetězce (12) a (13) a konečným produktem jaderného hoření vodíku tedy není běžný izotop hélia He^4, ale lehký stabilní izotop hélia He^3. Hvězdy s hmotou menší než 0,5 $M_\odot$ již nejsou s to transformovat vodík na He^4. Avšak i ve hvězdách s vyšší hmotou existují oblasti, kde jaderné reakce končí u He^3. Jedná se zde o vnější části jádra hvězdy, kde teplota nepřesahuje hranici 6 milionů stupňů.

Ve hvězdách dolní části hlavní posloupnosti nedochází ke konvekci a proto je chemické složení vyjádřeno spojitou funkcí vzdálenosti od středu hvězdy. Obsah vodíku klesá s klesající vzdáleností od středu hvězdy, neboť v centrálních oblastech hvězdy, kde je nejvyšší teplota, hoří vodík nejrychleji. V méně hmotných hvězdách tedy chybí ona nespojitost v chemickém složení, kterou pozorujeme na hranicích konvektivního jádra hmotných hvězd. V článku nazvaném "Teorie hvězdné stavby" (KR 73/1) jsme si ukázali, že vývoj hvězdy je určen vývojem chemického složení různých vrstev hvězdy. Spojité rozložení vodíku v méně hmotných hvězdách je zodpovědné za to, že tyto hvězdy neprocházejí fází srovnatelnou s fází celkové kontrakce, která postihuje hmotnější hvězdy v tom okamžiku, kdy vyčerpají vodík v konvektivním jádru. V méně hmotných hvězdách probíhá proces uvolňování energie v daleko rozsáhlejší oblasti a proto není nutné, aby po vyčerpání vodíku v centrálních oblastech hvězda kontrahovala. V témže okamžiku totiž probíhají jaderné reakce i mimo vyhořelou oblast. Z tohoto důvodu je další vývoj hvězdy klidnější a pozvolné změny průběhu chemického složení energeticky aktivních vrstev hvězdy vyvolávají méně drastické změny v pozorovatelných charakteristikách hvězdy.

Na vývoj méně hmotných hvězd má podstatný vliv i ta skutečnost, že se v centrálních oblastech těchto hvězd objevuje elektrono-

Tabulka 1

Životní doby hvězd

Interval	(1 - 2)	(2 - 3)	(3 - 4)	(4 - 5)	(5 - 6)	(6 - 7)	(7 - 8)	(8 - 9)	(9 - 10)
Hmota ($M_\odot$)									
15	1,010(7)	2,270(5)	-	7,55(4)	-	7,17(5)	6,20(5)	1,9(5)	3,5(4)
9	2,114(7)	6,053(5)	9,113(4)	1,477(5)	6,552(4)	4,90(5)	9,50(4)	3,28(6)	1,55(5)
5	6,547(7)	2,173(6)	1,372(6)	7,532(5)	4,857(5)	6,05(6)	1,14(6)	8,90(6)	9,30(5)
3	2,212(8)	1,042(7)	1,033(7)	4,505(6)	4,238(6)	2,51(7)	4,08(7)		6,00(6)
2,25	4,802(8)	1,647(7)	3,696(7)	1,310(7)	3,829(7)				
1,5	1,553(9)	8,10(7)	3,490(8)	1,049(8)	2×10^8				
1,25	2,803(9)	1,824(8)	1,045(9)	1,463(8)	4×10^8				
1,0	7×10^9	2×10^9	1,20(9)	1,57(8)	10^9				

Tabulka 1 uvádí trvání jednotlivých fází vývoje hvězd s různou hmotou. Hranice vývojových fází jsou označeny čísly. Číslování se shoduje s popisem jednotlivých fází na obr. 2. (Údaj 3,490(8) čtěte jako $3,490 \times 10^8$ let.) U modelů s hmotou menší než 3 $M_\odot$ skončily výpočty dosažením bodu 6 - vrcholu větve červených obrů, vývoj hmotnějších hvězd je sledován dále.

vě degenerovaný materiál. Význam elektronové degenerace roste s tím, jak klesá obsah vodíku v centrálních oblastech hvězdy. Hmota degenerovaného jádra v průběhu vývoje hvězdy neustále narůstá, až ke konci fáze hvězdy na hlavní posloupnosti činí více jak 13 % celkové hmoty hvězdy (u hvězdy 1 $M_\odot$). Elektronová degenerace, která jádro zpevňuje, je pak i příčinou toho, že čas, který hvězda stráví na hlavní posloupnosti, je podstatně delší, než by tomu bylo v případě, kdyby degenerace nepůsobila.

Hvězdy o hmotách 1,1 až 1,75 $M_\odot$ nesou znaky obou částí hlavní posloupnosti a tvoří tak jakýsi přechod mezi hmotnými a méně hmotnými hvězdami. Množství energie uvolněná prostřednictvím CN cyklu a p-p řetězcem jsou řádově srovnatelná. Tím jsou dány i strukturní vlastnosti této skupiny hvězd. Výroba energie se neomezuje pouze na centrální oblasti konvektivního jádra, které se v nich díky CN cyklu vytváří, ale probíhá i mimo oblast konvektivního jádra. Proto i evoluční dráhy těchto hvězd na nás působí dojmem, jakoby se tyto hvězdy nemohly rozhodnout, ke které skupině hvězd vlastně patří. Klasickou ukázkou této "nerozhodnosti" je chování hvězdy s hmotou 1,25 $M_\odot$ (viz obr. 2), která se během rané fáze vývoje na hlavní posloupnosti stává modřejší, podobně jako hvězda s hmotou Slunce. Nicméně si v další fázi vývoje "vzpomene", že má konvektivní jádro a začne se vyvíjet směrem k červenému konci HR diagramu a její vývoj končí celkovou kontrakcí (body 2 až 3), tak jak se sluší a patří na hvězdu horní části hlavní posloupnosti.

2.2 Další vývoj hvězdy

Když hvězdy vyčerpají zásoby vodíku v centrálních oblastech, dojde k zapálení vodíkových reakcí v okolí vyhořelého jádra. Vodík hoří nejprve v tlusté vrstvě, která se v průběhu dalšího vývoje ztenčuje. Teplota i tlak v héliovém jádru se postupně zvyšují a to až do okamžiku, kdy se v něm zapálí héliové reakce, které se brzy stávají hlavním zdrojem energie hvězdy. Toto je zcela obecný nástin dalšího vývoje hvězdy, ovšem způsob "provedení" je pro hvězdy různých hmot rozličný.

Hvězdy s hmotou menší než 12 $M_\odot$, brzy poté, kdy u nich dojde k zapálení reakcí v tlusté vrstvě kolem héliového jádra, rychle přecházejí do oblasti červených obrů (interval 3 až 5). Ve spodní části větve červených obrů (bod 5) se v povrchových vrstvách hvězdy začíná objevovat rozsáhlý konvektivní pohyb. V průběhu dalšího vývoje konvekce zachvacuje stále hlubší a hlubší oblasti ve hvězdě. Tento proces nabývá svého maxima na vrcholu větve červených obrů (bod 6), kdy konvekce pokrývá všechen prostor mezi fotosférou a tenoučkou vrstvou hořícího vodíku, která je hlavním zdrojem energie hvězdy. Následující pohyb vlevo dolů na HR diagramu (úsek 6 až 7) je pak známkou toho, že proces 3α částic (rovnice 10 a 11) se stal hlavním zdrojem energie hvězdy.

Vývoj hvězd s hmotou větší než 12 $M_\odot$ je mnohem jednodušší z toho důvodu, že teploty v nitru těchto velice hmotných hvězd jsou natolik vysoké, že k zapálení hélia v jádru hvězdy není nutné, aby hvězda přecházela do oblasti červených obrů. Tak kupříkladu hvězda s hmotou 15 $M_\odot$, která je klasickým příkladem takovéto velmi hmotné hvězdy, zapaluje hélium v jádru v poměrně velké blízkosti hlavní posloupnosti (bod 6), kde pak setrvává tak dlouho, než vyčerpá veškeré zásoby hélia v centru. Čili tato skupina hvězd ve svém vývoji přeskakuje přechodné fáze (úsek mezi body 4 a 6), které jsou charakteristické pro vývoj méně hmotných hvězd. Po vyčerpá-

ní hélia v jádru hvězda s hmotou větší než 12 $M_\odot$ putuje směrem k červenému konci HR diagramu a přitom se zjasňuje. Tento postup se zastaví v okamžiku, kdy se teploty v nitru zvýší natolik, že dojde k zapálení dalších jaderných zdrojů (uhlíku a kyslíku). Další vývoj je pak opět klidný a směřuje neustále k červenému konci HR diagramu.

Ve fázi obra se skupina hvězd s hmotou menší než 12 $M_\odot$ rozpadá opět na dvě skupiny. Rozhraní mezi těmito dvěma skupinami leží zhruba u hmoty 2,25 $M_\odot$. Hvězdy s hmotou vyšší než je tato hranice se chovají po kvalitativní stránce obdobně jako hvězda s hmotou 5 $M_\odot$. Tlak v héliových jádrech těchto hvězd je působen především nedegenerovanými elektrony a jádry hélia. Když hvězda vystupuje po větvi obrů (interval 5 až 6), teplota i tlak v jádru hvězdy postupně vzrůstají a rozhořívání héliových reakcí probíhá vcelku klidným způsobem. Vývojové dráhy této i následujících fází vývoje hvězd této skupiny jsou topologicky ekvivalentní. Kvantitativní rozdíly, které zde můžeme vysledovat, jsou však nesmírně důležité, neboť si je můžeme snadno ověřit pozorováním. V podstatě lze nalézt tři zjevné trendy: 1) fáze rychlé kontrakce, která odděluje obě hlavní fáze hoření hélia v jádru (úsek mezi body 7 a 8), je tím výraznější, čím vyšší je hmota hvězdy; 2) doba strávená ve fázi hoření hélia v jádru vzhledem k době pobytu na hlavní posloupnosti klesá s rostoucí hmotou (viz tab. 1); 3) maximální povrchová teplota dosažená ve fázi hoření hélia v jádru roste se vzrůstající hmotou. Trendy ad 1) a ad 3) jsou pěkně patrny i na obr. 2 .

V průběhu fáze obra ve hvězdách s hmotou menší než 2,25 $M_\odot$ jsou hlavním zdrojem tlaku v héliovém jádru degenerované elektrony. Faktem, že je héliové jádro silně degenerováno, je významně ovlivněn proces kontrakce a zahřívání jádra. Vzrůst tlaku v héliovém jádru působený tím, že hmota jádra v průběhu jaderného hoření neustále roste, je kompenzován podstatně menším vzrůstem hustoty, než v nedegenerovaném případě. Krystalická mříž degenerované látky je neobyčejně pevná a dobře odolává vzrůstajícímu tlaku. Hvězda proto šplhá velmi vysoko po větvi červených obrů (body 5 až 6) a hélium se v nich zapaluje až v okamžiku, kdy hmota degenerovaného jádra přeroste hranici 0,4 $M_\odot$. (Tato hranice je prakticky nezávislá na celkové hmotě hvězdy.)

Silná elektronová degenerace je i příčinou dalšího, kvalitativně nového jevu ve vývoji hvězd, je příčinou tzv. "héliového záblesku" (helium flashing). Teplo vyráběné héliovými reakcemi totiž zůstává uvnitř tepelně dokonale vodivého degenerovaného jádra a zde se hromadí. Teplota jádra roste. Vzrůst teploty však vede ke zvýšení rychlosti héliových reakcí. Vyšší rychlost reakcí však znamená další přísun tepelné energie a tím i další, rychlejší vzrůst teploty. Tento děj, který zpočátku probíhá velmi pomalu, se později katastroficky zrychluje a vlastní héliový záblesk trvá jen několik hodin, což je, jak jistě uznáte, pro hvězdu doba neobyčejně krátká. Celý proces héliového záblesku skončí v tom okamžiku, kdy se tlak degenerace stane menší než tlak působený tepelným pohybem částic. V té chvíli krystalická mříž degenerované látky, která držela žhnoucí jádro pohromadě, roztaje. Jádro prudce expanduje a chládne. Další fáze hoření hélia pokračuje již v nedegenerovaném jádru přesně týmž způsobem, jako v hmotných hvězdách. Vývojové dráhy hvězd s malými hmotami jsou přitom doslova namačkány na vývojovou větev červených obrů a to v naprosté shodě s trendem, který jsme zjistili u hmotných hvězd.

Závěr

Popis vývoje hvězd různé hmoty vycházel ze série modelových výpočtů vývoje, kterou uveřejnil kolem roku 1966 americký astrofyzik Icko Iben. V současné době existuje již celá řada podstatně dokonalejších modelů, které pracují s modernějšími hodnotami opacity hvězdného materiálu, vycházejí z přesněji určených účinných průřezů při jaderných reakcích. Jsou uvažovány i další mechanismy jako semikonvekce, neutrinové chlazení, ionizace a disociace v povrchových vrstvách hvězdy. Moderní modely hvězd berou v potaz i rotaci a magnetické pole. Navíc byl zaznamenán obrovský pokrok v technice výpočtů modelů a výpočetní technice vůbec. Všechny tyto změny v pohledu na hvězdu poněkud mění některé kvantitativní rysy vývoje hvězdy, mění se hranice mezi jednotlivými evolučními rodinami. Nicméně klíčem k pochopení vývoje reálné hvězdy je a zřejmě dlouho bude vývoj modelu hvězdy, se kterým Icko Iben před více jak deseti lety začínal.

Závěrem bych chtěl poděkovat Petru Harmancovi CSc. za řadu odborných konzultací, kritických připomínek a rad, které mně v průběhu sepisování statí: "Teorie hvězdné stavby" (KR 73/1) a "Vývoj hvězdy od hlavní posloupnosti do oblasti obrů" (KR 73/3 a KR 74/1) vždy ochotně poskytoval.

Literatura:

Icko Iben, Stellar Astronomy, Gordon and Breach 1969, Vol. 2, 152-160

J.Kovalevsky

Kosmická geodézie a dynamika systému Země-Měsíc

Problém pohybu Země a Měsíce je velmi složitý a teprve nyní se začínají provádět dostatečně přesná pozorování, která umožní detailní studium chování obou planet. Pro tento nový vědní obor (na rozhraní astronomie, geodézie a geofyziky) navrhl A.E.Love název "geodynamika". Jeho obsahem je studium dynamiky systému Země-Měsíc (každé těleso je přitom uvažováno nikoliv jako hmotný bod, ale jako elastická planeta) a dynamiky umělých družic a kosmických sond nacházejících se v tomto systému.

Tento nový obor zahrnuje velkou řadu jevů, z nichž některé jsou zkoumány již po staletí, ostatní lze zatím pouze nastínit. Účelem článku je podat přehled o těchto výzkumech, a to především z hlediska nejnovějších výsledků a trendů budoucího vývoje.

1. Oběh Měsíce kolem Země

Astronomická pozorování jsou k disposici za posledních dvacet let (pasážníky, zákryty hvězd Měsícem atd.). Přesnost jednotlivého pozorování je asi 0",2-0",4 přičemž systematická chyba může dosáhnout téže velikosti. Kritický rozbor těchto pozorování stejně jako zlepšení teorie pohybu (Eckert a další) nezvětšily podstatně přesnost znalosti měsíční dráhy. Srovnání se sledováním sond typu Ranger, Surveyor a Lunar Orbiter ukázalo řádově kilometrové odchylky. Velkou část způsobují chyby ve znalosti integračních konstant a hmot planet, ale přesto nedostatečná přesnost analytických teorií

(malý počet členů rozvojů, které se berou v úvahu) způsobuje rozdíl 500 m proti numerické integraci.

Zpřesnění teorie je ovšem neobyčejně obtížné, a proto se nyní využívá výhradně velkých samočinných počítačů - v USA jsou to práce Deprita, ve Francii Chapronta a Mangeneye. Speciální programy umožňují sestavovat složité koeficienty jednotlivých členů rozvoje podle algoritmů vložených do programu počítače. Tato metoda odstraňuje případné chyby ručního odvozování a dovoluje určit daleko více členů rozvoje - nyní jsou určeny do 25. - 30. řádu. K dosažení formálně milimetrové přesnosti bude třeba určit řádově miliony členů!

Tato přesnost však bude záhy nezbytná. Současná měření vzdálenosti mezi pozemními dalekohledy a laserovými odražeči na Měsíci jsou na Mc Donald Observatory běžně prováděny s chybou menší než 30 cm. Systematické chyby mohou být větší, ale všechny kalibrační problémy jsou pečlivě studovány.

Budoucí generace laserů má mít šířku pulsu 50 pikosekund a atmosférické efekty lze spočítat s přesností na několik mm. Lze tedy očekávat měření vzdáleností Země-Měsíc (nebo družice) s chybou pouze několika cm.

Relativní přesnost měření vzdálenosti tedy dosahuje nyní 10^{-9} a během několika let bude 10^{-10}. Ve srovnání s 10^{-6} - tj. s přesností pozemních astronomických měření, je to skok o 3-4 řády! Měl by vyvolat skok také v chápání fyzikální podstaty Měsíce a Země. Např. jestliže bude k disposici gravitační teorie pohybu Měsíce se stejnou přesností, mělo by být možné detailně studovat slapové působení mezi oběma planetami.

2. Rotace Měsíce

Stejně jako sledování oběhu Měsíce kolem Země, tak i zkoumání fyzické librace Měsíce má dlouhou tradici, ale decimetrová nebo dokonce centimetrová přesnost laserových pozorování by měla opět umožnit určení parametrů rotace Měsíce s odpovídající přesností. Zcela novou možností je sledování pohybu měsíčního polu, měsíčních slapů, atd. Všechny tyto údaje jsou důležité pro pochopení vnitřní struktury Měsíce.

3. Pohyb měsíčních sond a družic

Dynamické zkoumání pohybu Lunar Orbiterů vedlo ke známému objevu masconů (Muller a Sjogren 1968). Nyní je gravitační pole známé do členů 13. řádu a je možno očekávat zlepšení na základě sledování lodí Apollo. Nejlepším popisem pole je kombinace "zabořených hmot = masconů" a rozvoje do řady sférických funkcí. Je třeba si uvědomit, že před "kosmickým věkem" byla známa pouze přibližná hodnota poměrů momentů setrvačnosti Měsíce a nic víc.

Z pohybu sond a družic byly také určeny geocentrické a selenocentrické gravitační konstanty:

a) geocentrické:

Rangery: $GM = 398601{,}22\ km^3s^{-2}$

Surveyory: $GM = 398601{,}15\ km^3s^{-2}$

Od roku 1965 je v JPL a SAO hodnota 398601,30, což je v dobrém souhlase.

b) selenocentrické:

Rangery: $Gm = 4902{,}63\ km^3s^{-2}$

Surveyory: $Gm = 4902{,}73\ km^3s^{-2}$

Poměr hmot Měsíce a Země je tedy

$$\frac{M}{m} = 81{,}3027\ ,$$

což je blízké hodnotě 81,30 přijaté IAU roku 1964.

4. Pohyb umělých družic

Od roku 1957 byly získány stovky tisíc přesných pozorování umělých družic z více než sta sledovacích stanic (fotografické kamery, laserové měření, radiové určování rychlosti, příp. vzdálenosti). Celá řada pracovníků v oboru kosmické geodézie tato data využila:

a) v geometrické geodezii:

Synchronní pozorování družice z několika stanic závisí na poloze stanic. Je-li k dispozici řada takovýchto závislostí, lze určit vzájemnou polohu stanic a zkonstruovat geodetickou síť. Nejdůležitější takovýto program se blíží k zakončení - US Coast and Geodetic Survey konstruuje síť 42 stanic nazvanou "World Geometric Satellite Network". Zdá se, že střední chyby vzájemných poloh stanic jsou okolo 10 m (relativní chyba 10^{-6}), ovšem s možnou systematickou chybou v měřítku sítě.

Zavedení laserových měření vzdáleností s přesností 1-2 m umožňuje v principu stanovit vzájemnou polohu dvou stanic s touže přesností a bez systematické chyby. Např. v roce 1971 byl určen vektor mezi stanicemi Haute Provence (Francie) a San Fernando (Španělsko) s chybou menší než 2 m.

b) v dynamické geodézii:

Každé pozorování družice je funkcí souřadnic stanice, elementů dráhy družice a parametrů gravitačního pole Země. Jestliže získáme dostatečné množství pozorování různých družic z mnoha stanic, můžeme určit všechny neznámé. Dosud bylo vypracováno několik geodetických modelů Země - nejkompletnější je "Smithsonian Astrophysical Observatory Standard Earth II" autorů Gaposchkina a Lambecka. (R.1973 byla uveřejněna Standard III - viz KR 2/1973 - pozn.P.L.)

Při vypracování Standard Earth bylo použito hodnot zonálních koeficientů gravitačního pole, které určil Kozai r. 1969. Zahrnuje hlavně pozorování 114 úseků drah (dlouhých 2-4 týdny) 21 různých družic pozorovaných 28 stanicemi po celém světě (včetně 60 000 laserových měření 5 družic) a také množství pozemních gravimetrických měření. Výsledkem bylo určení 296 parametrů gravitačního pole a 138 souřadnic stanic.

Nejnázornější představu o charakteru gravitačního pole dává mapa výšek ekvipotenciálních ploch nad elipsoidem (obvykle plocha splývající s geoidem). Autoři SE předpokládají, že přesnost takovéto mapy je lepší než 4 m. Ovšem všechny nepravidelnosti o rozměrech menších než 1200 km jsou "vyhlazeny", takže chyba může dosahovat v některých oblastech 10 m i více.

Pro další zlepšení takovýchto modelů je třeba disponovat přesnějšími laserovými pozorováními a lepším geografickým rozložením stanic. Prvním krokem k tomuto cíli byl "International Satellite

Geodesy Experiment" - ISAGEX. Tento pozorovací program trval 8 měsíců (leden-srpen 1971) a účastnilo se ho 50 stanic v 16 zemích (v ČSSR pracovaly dvě stanice na Ondřejově, kde bylo také východoevropské organizační subcentrum - pozn. P.L.). Pozorovale se především 7 družic vybavených laserovými odražeči. Byl získán bohatý pozorovací materiál, který se zpracovává metodami dynamické i geometrické geodézie.

Od r. 1957 se tedy naše znalosti o tvaru a rozměrech Země zlepšily o 2-3 řády. Další vývoj techniky však umožní

a) zredukovat chybu laserových měření z pozemních stanic na 2-3 cm. Při takovéto přesnosti začíná být problémem samotné určení těžiště družice, a proto se počítá s vypuštěním kulatých družic se symetrickým rozložením retroreflektorů. (Americký projekt těžké družice Lagees a francouzský projekt Starlette. Obě družice mají kromě toho být vyrobeny z materiálu o vysoké hustotě, aby byly málo ovlivňovány odporem atmosféry a tlakem záření. Starlette vyrobený z U 238 má mít hmotu 50 kg při průměru pouze 26 cm - pozn. P.L.)

b) radiové sledování družice z jiné družice umožní překonat limitující faktor pozemních radiových pozorování, kterým je atmosférická a ionosférická refrakce. Jedna z družic přitom musí být ze Země pozorována laserem. Přesnost této nové slibné metody může být o 2-3 řády větší než dosavadní. Pro vzdálenější budoucnost se počítá také s vývojem gradiometrů (měření gradientu gravitačního pole).

Tato zlepšení umožní registrovat také vzájemné pohyby pozorovacích stanic a tím přechod od kosmické geodézie ke geodynamice.

5. Pohyb zemské rotační osy v prostoru

Poslední výzkumy (zejména prof. Frickeho) podstatně zlepšily naše teoretické vědomosti o precesi. Zatím se však nezlepšila přesnost pozorování, protože chyby v určení poloh hvězd se nezmenšily. Zavedení vzdálených galaxií jako fundamentálního referenčního systému patrně zásadní změnu nepřinese.

Podobná situace je i ve výzkumu nutace. Jedinou naději vidím v přesnější definici inerciálního souřadného systému pomocí radiointerferometrů s velmi dlouhou základnou (VLBI - Very Long Baseline Interferometry). V současné době se jeví reálnou přesnost určení relativních poloh radiových zdrojů 0,0001" (zatím ale nebyla dosažena). Poloha umělých zdrojů (na družici) bude moci být určena vzhledem k tomuto dynamickému systému s přesností 0,001", což umožní podstatně zlepšit určení precesní konstanty.

6. Rotace Země

Poloha nultého poledníku v prostoru je nyní určována s přesností 1-2 ms v Bureau International de l Heure (BIH). To odpovídá určení polohy stanice na 50 cm nebo v úhlových jednotkách 0",02. Jestliže bychom mohli jiným způsobem určit posuny stanic (stejného řádu), pak bychom mohli studovat rotaci Země vzhledem k inerciálnímu souřadnému systému. První se o to pokusil r. 1971 Anderle použitím radiového sledování navigačních družic typu Transit. Jeho výsledky však zatím vykazují značný rozptyl.

Velkou nadějí je opět VLBI, přesná laserová pozorování družic a laserová pozorování Měsíce alespoň dvěma lasery. S touto tech-

nikou můžeme očekávat během několika let zpřesnění světového času UT o několik řádů. Zatímco dnes lze 1 ms určit z měření během několika dní, v budoucnu by měla být stejná přesnost dosažitelná v několika hodinách.

7. Pohyb pólu

Podobná situace je s měřením pohybu pólu. Mezinárodní služba International Polar Motion Service (IPMS) a BIH určují střední polohy pólu každých pět dní se střední chybou 0",015.

Již nyní je však možné zjistit systematické rozdíly v polohách stanic sledujících družice. Polohy pólu se nyní počítají každé dva dny z dopplerovských pozorování sítě navigačních stanic Tranet (Andrle a Beuglass 1970). Přesnost je sice lepší než 0",01, ale zatím existují systematické odchylky od výsledků BIH. Bude třeba srovnat výsledky získané oběma metodami ze stejných stanic. Práce Smitha, Gaposchkina a Lambecka prokázaly, že podobné výsledky lze získat z laserových pozorování družic.

Další zlepšení lze očekávat použitím VLBI a zdokonalených družicových a měsíčních laserů. Zejména využití laserových pozorování Měsíce může v principu umožnit nejen určení polohy rotační osy v prostoru, ale i případné změny polohy těžiště Země.

8. Slapy zemské kůry

Amplituda pohybů zemské kůry je řádově 30 cm. Je měřitelná citlivými gravimetry (vodorovnými kyvadly) aj. přístroji s přesností několika procent. Změna tvaru zemského tělesa vyvolá přirozeně také poruchy potenciálu, které již byly zjištěny ze změn drah družic (Newton 1968). Parametry elastičnosti Země byly určeny z klasických i družicových pozorování.

Jakmile bude dosažena 30 cm přesnost sledování družic, posuny stanic vlivem slapů budou přímo sledovatelné; nebo alespoň bude moci být provedena příslušná korekce.

9. Pohyby zemské kůry

Existují seismické, magnetické a geologické důkazy, že zemská kůra se skládá z velkých desek, které se vzájemně pohybují rychlostmi řádově několika cm za rok (max. 15 cm za rok) - viz článek J.Klokočníka v KR 4/1973 (pozn.P.L.).

Měření vzdáleností stanic umístěných na různých pevninských deskách s decimetrovou přesností je nezbytným předpokladem pro takovéto výzkumy. Bude se především využívat VLBI pozorování, laserových stanic pro pozorování družic i Měsíce.

10. Tvar geoidu

Geoid je ekvipotenciální plochou zemského gravitačního pole. Je tedy určován metodami kosmické geodézie (viz část 4.). Ale s metrovou přesností je také totožný se střední hladinou moře. Jestliže tedy nějakým způsobem změříme geocentrické souřadnice bodů na této ploše, získáme současně cenné informace o zemském tvaru a gravitačním poli. Takovýto experiment bude provádět družice Geos C, vypuštěná v roce 1974. Geocentrická poloha družice se bude určovat metodami kosmické geodézie, zatímco její výška nad mořem bude měřena přímo

z družice radarem. Předpokládá se přesnost určení geoidu na 1-2 m.

11. Francouzský příspěvek ke geodynamice

Z předchozího rozboru je vidět, že nové metody kosmického výzkumu začínají nahrazovat metody klasické. Existují však systematické rozdíly mezi výsledky různých měření (např. mezi hodnotami pohybu polu udávanými BIH a družicovými výsledky). Pro vysvětlení těchto rozdílů je třeba, aby různé druhy přístrojů byly umístěny na stejném místě a pracovaly společně řadu let.

Dalším problémem je to, že nová technika je citlivá na různé druhy pohybů. Např. vzdálenost Země-Měsíc určená z laserového pozorování je funkcí:

a) oběhu Měsíce kolem Země,

b) rotace Měsíce,

c) Měsíčních slapů,

d) rotace Země,

e) pohybu zemského pólu,

f) zemských slapů.

V dlouhodobých studiích bude třeba uvážit ještě eventuální chyby v hodnotě precese a pohyb kontinentů.

Je zřejmé, že všechny neznámé se nepodaří určit pouze z několika laserových sledovacích stanic. Opět tedy vyvstává nutnost umístění několika přístrojů na jednom místě.

Úvahy tedy vedou k následující koncepci několika vhodně lokalizovaných fundamentálních stanic vybavených pro sledování všech geodynamických jevů. Minimální vybavení by mělo zahrnovat přijímač VLBI, laserovou, radiovou a fotografickou aparaturu pro pozorování družic, laser pro pozorování Měsíce, astrometrické přístroje (astroláb, zenitteleskop, pasážník), gravimetrická zařízení a aparaturu pro využití dat ze specializovaných geofyzikálních družic.

Ideální celosvětovou síť by mělo tvořit 6 observatoří rovnoměrně rozmístěných na severní polokouli a 3 na jižní. K vybudování této sítě je ovšem ještě dlouhá cesta. Francie však již přípravu takovéto stanice zahájila.

Po několikaletém hledání bylo vybráno místo s ideálními atmosférickými podmínkami. Je to tzv. Plateau de Calern (nadmoř. výška 1300 m) severně od městečka Grasse (50 km od Nice na Azurovém pobřeží). Střediско CERGA (Centre d Etudes et de Recherches de Géodynamique et d Astronomie) by mělo začít pracovat v roce 1974.

Doposud bylo zakoupeno 3 km^2 půdy, zkušební provoz Danjonova astrolábu probíhá od r. 1970 a výsledky jsou podstatně lepší než na jiných zkoušených místech Francie (např. Haute Provence, Besançon, Paris, Petré). V nejbližší době má být instalován gravimetr a má začít srovnávací měření pohybu polu ze stanice Plateau de Calern a Obgervatoire de Paris (astroláby a dopplerovská pozorování družic). Řada již existujících přístrojů má být přemístěna - např. měsíční laser z Pic du Midi, družicový laser a fotografická kamera Antares z Nice.

Uvažuje se o fotoelektrickém pasážníku, dvou atomových hodinách, astrometrické Schmidtově komoře, VLBI anténě, dlouhofokál-

ním astrografu a absolutním gravimetru. Terminal k výkonnému samočinnému počítači je naprostou nezbytností.

Samotné soustředění přístrojů by ovšem nestačilo. Kosmickou geodézií se zabývají praçovníci čtyř institucí (Bureau des Longitudes, Centre National d Etudes Spatiales, Institut Géographique National, Observatoire de Paris). Zatím jsou sdruženi v "Groupe de Recherches de Géodésie Spatiale" a v budoucnu mají také přejít do CERGA (vedením byl pověřen prof.J.Kovalevsky - pozn. P.L.).

Zkráceně přeložil P.Lála

KOSMICKÉ ROZHLEDY BLAHOPŘEJÍ

Naši jubilanti v první polovině roku 1974

Blahopřejeme členům Československé astronomické společnosti, kteří se letos dožívají významného životního jubilea.

80 let oslavuje	Jiří Zeman	31. ledna
	Ing. Jan Šimáček	24. června
75 let	Ing. Bohdan Rameš	13. ledna
	Bohumil Dvořáček	13. března
	František Dvořák	21. dubna
	RNDr. Václav Hlaváč, CSc.	3. června
70 let	Dr.Bohumila Bednářová	7. února
	František Hanuš	21. dubna
65 let	Adolf Neckař	11. února
	Ing.Dr.Bedřich Polák	1. března
	Ing.Jan Šváb	5. dubna
	Prof.RNDr.Otto Obůrka, CSc.	30. dubna
60 let	František Komárek	12. ledna
	Vilém Erhart	4. dubna
	Prof.Dr.Zdeněk Kopal	4. dubna
50 let	Olga Rousová	2. ledna
	Ing.Rostislav Weber	2. ledna
	MUDr.Jaroslav Kocourek	9. dubna
	Miroslav Dynybyl	2. května
	Viktor Kudláček	4. května
	MUDr.Emil Heinl, CSc.	11. června

Z NAŠICH PRACOVIŠŤ

Práce publikované v Bulletinu čs. astronomických ústavů Vol. 24 /1973/, No 6

Osobní rovnice a chyby odhadů vizuálních hvězdných velikostí meteorů

J.Štohl, Astron. ústav SAV, Bratislava
P.M.Millman, National Research Council of Canada, Ottawa

S pomocí materiálu získaného skupinami pozorovatelů ve Springhill a na Skalnatém Plese se zkoumají hvězdné velikosti meteorů, aby bylo možné určit charakter a velikost osobní chyby

pozorovatelů. Vychází se přitom pouze z pozorování získaných při dobrých atmosférických podmínkách. Ukazuje se, že pravděpodobná chyba při určování hvězdné velikosti meteoru v blízkosti středu zorného pole je u zkušeného pozorovatele ±0,30 až ±0,35.

- PA -

Hodinová frekvence čelních ozvěn pro Leonidy 1965

A.Hajduk, Astron. ústav SAV, Bratislava

Autor zkoumá závislost hodinové frekvence čelních ozvěn na denním pohybu radiantu. Vychází z ondřejovských pozorování meteorického roje Leonid 1965. Srovnává své závěry s výsledky, jež byly dříve získány pro Orionidy a Perseidy.

- PA -

Difúze CO a CH molekul ve sluneční atmosféře

K.Sinha, M.C.Pande, Uttar Pradesh State Observatory, Naini Tal, India

Vypočtené hodnoty pro molekuly CO a CH ukazují, že rychlost difúze je o mnoho řádů menší než rychlost fotodisociace, a to jak ve fotosféře, tak i ve skvrnách. Poněvadž srovnání rychlostí difúze a turbulence dopadá stejně, je difúze dvouatomových molekul ve sluneční atmosféře nemožná.

- PA -

Pozorovanie pohybujúcich sa plazmových oblakov na 10 $R_\odot$

Š. Pintér, Geofyz. ústav SAV, Hurbanovo

Za predpokladu, že Faradayova rotácia a zvýšenie rozširovania spektra súvisia s ejekciou koncentrovaného zmagnetizovaného plazmového oblaku zo Slnka, autor práce zistil vzťah týchto úkazov s erupciami, ktoré boli v spojitosti s určitou formou ejekcie hmoty ako napr.: smičky "spreys", "surges", eruptívne protuberancie, typy II a typ IV rádiových vzplanutí. Priemerná rýchlost transportu koronálnej plazmy je 350 km/s. Doba trvania jednotlivých úkazov je okolo 2 hodín. Pohybujúce sa plazmové oblaky majú typický rozmer $2,5 \times 10^6$ km v heliocentrickej vzdialenosti 10 $R_\odot$.

- aut -

Pozorování slunečních erupcí v Ondřejově za období 1971-2

F.Hřebík, J.Šebl, L.Křivský, Astron. ústav ČSAV, Ondřejov

Třináctý díl práce o erupcích pozorovaných v Ondřejově. V práci jsou údaje o 184 erupcích a s nimi spojených jevech v rádiové oblasti apod.

- PA -

Měření toku slunečních X-paprsků na družicích Interkosmos 1, 4 a 7

B. Valníček, Astron. ústav ČSAV, Ondřejov a 13 spoluautorů

Obsahem práce je přehled realizace československé účasti na programu kosmického výzkumu Interkosmos v oblasti studia slunečního X-záření. Jsou uvedeny základní charakteristiky rentgenových fotometrů pro družice Interkosmos 1, Interkosmos 4 a Interkosmos 7, zejména přehled detektorů, jejich vlastností a kalibrace. Jsou uvedeny také základní informace o použitém elektronickém zařízení, o telemetrii informací, jejich vyhodnocení a stručný přehled dosaže-

ných výsledků. Je uveden seznam literatury, obsahující další technické informace a interpretaci získaných výsledků.

- aut -

Závislost mezi průměrem a hloubkou pro měsíční krátery a mikrokrátery

J.Bouška, Katedra astron. a astrofyz., MFF UK, Praha

Vztah mezi průměrem a hloubkou nalezený pro velké krátery platí i pro mikrokrátery.

- PA -

Náhlé změny aktivity před protonovými erupcemi (jevy ze srpna 1972)

L.Křivský, Astron. ústav ČSAV, Ondřejov

Metodou křivek kumulativních součtů byl sledován vývoj erupční aktivity podle pozorovaných erupcí a vzplanutí X-emise (měřené na satelitech) v aktivní oblasti v průběhu jedné otočky, kdy byly mohutné erupce. Opět se ukázalo, že několik desítek hodin před výskytem erupcí s výronem rychlých protonů vzrůstá aktivita patřičné aktivní oblasti.

- aut -

Z ODBORNÉ PRÁCE ČAS

Seminář pobočky ČAS v Brně o proměnných hvězdách

V místnostech Astronomického ústavu UJEP v Brně pořádala dne 19. října 1973 místní pobočka ČAS za účasti asi 25 zájemců půldenní seminář o proměnných hvězdách.

Prvním referujícím byl dr. S.Kříž CSc. z AÚ ČSAV v Ondřejově. Sdělil výsledky druhé mezinárodní kampaně na sledování β Lyr, které podstatně změnily představy, které dosud astronomové o této známé zákrytové dvojhvězdě měli. Podle autora příspěvku je vedlejší složka ranějšího spektrálního typu (B0 - B2) než složka hlavní (B8), přičemž odchylky od hlavní posloupnosti jsou rozděleny tak, že vedlejší složka je podsvítivá jen asi o 1^m, kdežto zbytek "nesrovnalosti" se skrývá za nadsvítivostí primární složky o 3^m. (Dříve se soudilo, že primární složka je na hlavní posloupnosti.) Podsvítivost vedlejší složky může být způsobena rozptylujícím diskem plynu kolem ní, nadsvítivost hlavní složky by bylo možno vysvětlit předpokladem, že soustava β Lyr se nachází ve stádiu rychlého přenosu hmoty mezi složkami.

V následujícím referátu hovořil dr. T.B.Horák CSc. o některých problémech při určování elementů zákrytových proměnných hvězd na samočinných počítačích. Obvyklý počet parametrů, které se v takovém případě hledají, je 6 - 7. Jde o problém těžko řešitelný už po matematické stránce, nehledě na nebezpečí v podobě falešných minim funkce součtu čtverců odchylek. Dr.Horákovi se podařila minimalizace při redukci parametrů na tři: poloměry složek $\underline{r}$ a $\underline{R}$ a poloměr dráhy $\underline{A}$. Přitom čtvrtý parametr, sklon $\underline{i}$, je možno určit meto-

dou zkoušek a omylů. Potíž je v tom, že ještě i při takovém zjednodušení nemají mnohdy pozorování dostatečnou přesnost, aby se dala jednoznačně fyzikálně interpretovat.

J.Papoušek z AÚ UJEP v Brně diskutoval otázku koeficientu okrajového ztemnění u zákrytových dvojhvězd. Je to jeden ze šesti základních parametrů soustavy a pro hvězdy slunečního typu je konstantní (tj. závislý jen na vlnové délce λ a nikoliv na úhlu ν mezi normálou k povrchu atmosféry hvězdy a směrem k pozorovateli.) Pro ranější hvězdy je možné tento koeficient buď vypočítat z hvězných modelů, nebo odvodit ze světelných křivek. Autor příspěvku došel na základě studia literatury k závěru, že teoretická hodnota je statisticky o 0,1 až 0,2 větší, přičemž rozdíl dosud nikdo nevysvětlil.

V posledním příspěvku oznámil J.Šilhán poznatky týkající se přesnosti vizuálních odhadů jasnosti hvězd, k nimž došel se Z.Pokorným na Hvězdárně a planetáriu M.Koperníka v Brně. Z teoretických (fyziologických) studií i z rozboru pozorovacího materiálu jim vyšlo, že u většiny pozorovatelů nutno očekávat střední kvadratickou chybu jednoho odhadu jasnosti metodou Nijlandovou-Blažkovou v intervalu $0,2^m$ - $0,3^m$. Pozorování přesnější než $\pm 0,15^m$ jsou teoreticky nemožná. Čísla udávaná v literatuře (obvykle $0,08^m$) znamenají průměrnou velikost odhadního stupně a podle referenta není žádného logického důvodu pro to, aby se velikost tohoto stupně rovnala střední kvadratické chybě odhadu.

Při hodnocení semináře nutno vyzvednout význam podobných akcí místního rozsahu zvláště pro mladé členy ČAS, kteří se celostátních seminářů obvykle nemohou zúčastnit.

J.Šilhán

První seminář o paleoastronomii

Seminář pořádala Československá astronomická společnost - historická sekce a konal se 20. listopadu 1973 v Malém sále pražského Planetária. Sám termín "paleoastronomie" je značně nezvyklý. Je proto zcela namístě jej především stručně charakterisovat, jak také učinil v úvodním slově k semináři dr. Z. Horský. Paleoastronomie se zabývá studiem astronomických pozorovacích metod z období, z něhož chybí písemné prameny. Je to hraniční obor archeologie a astronomie.

J.Brejcha, Rokycany, referoval o výsledcích průzkumu tzv. Kounovských řad. Expedici k tomuto průzkumu pořádal Astronomický kroužek při LH v Rokycanech pod záštitou časopisů ABC a Mladá fronta 16. až 26. července 1973. Bylo registrováno na dva tisíce kamenů s rozměry přes 40 cm, uspořádaných do rovnoběžných řad přibližně poledníkového směru. Jejich celková hmota přesahuje 1000 tun.

Dr.Pleslová, Archeologický ústav ČSAV, se zmínila o některých našich lokalitách, které by mohly mít astronomický význam. Podrobněji se pak zabývala průzkumem sídliště v Makotřasích, které je pravděpodobně orientováno podle astronomických pozorování. Není vyloučeno, že šlo o kultovní středisko, protože příkopy jsou z hlediska obrany nevýhodné.

Prof.O.Hlad, ŠH Praha, referoval o lokalitě Odry v severním Polsku. Uváděl starší práce i materiál z vlastní návštěvy tohoto

místa. Na řadě příkladů i diapositivů ukázal, že jde o systém kamenných kruhů s jasným astronomickým významem (středy kruhů míří k místu východu Slunce o zimním a letním slunovratu a pod.).

V závěrečném slově pohovořil dr. Horský o obecných otázkách paleoastronomie. Zvláště zdůraznil předstih astronomie proti ostatním vědám v raných stadiích historické doby. Je oprávněné předpokládat podobný předstih v pozdních předhistorických etapách. Budeme-li chtít dokázat, že nějaký archeologický nález má astronomický význam, bude nutné vybrat takové jevy, jejichž existence ukazuje na nepopiratelnou astronomickou koncepci. Nic například nedokazuje orientace nějaké kamenné řady k místu východu určité hvězdy, pokud se nevyskytuje často, může být náhodná a pod. Závěrem se dr. Horský zmínil o některých našich lokalitách s možným astronomickým významem.

Závěrečná debata byla jen skromná. Kladem semináře byla společná účast zainteresovaných astronomů a archeologů. Ostatně šlo spíše o kritické a tolerantní hledání společné řeči než o střetnutí mezi radikálně formulovanými protikladnými stanovisky - to by v daném stadiu bylo předčasné.

P.Příhoda

Kam kráčíš, meteorická astronomie?

Co jsou vlastně ony létavice, zvané též ošklivě nečesky meteory? Pomineme-li dnes již v podstatě překonaný názor, že to jsou škodlivé výpary v ovzduší, pak už víme jen to, že jsou to jakési hmotné objekty, vniknuvší do atmosféry vysokou nadzvukovou rychlostí. O mnoho více nevíme. Ano, máme celou fyzikální teorii meteorů a spoustu zajímavých výsledků. Ale přesto hmotu meteorů dokážeme určit (vlastně si jen myslíme, že ji umíme určit) s bídou řádově, u většiny meteorů ani to ne. Stejně špatné je to s hustotou jejich hmoty. Tento problém vyvstal v padesátých letech, kdy v řadě případů byl objeven několikařádový rozdíl mezi hmotami těchže meteorů vypočítanými jednak z jejich svícení, jednak z jejich pohybu. Klasická jednotělesová teorie meteorů může tento rozpor sprovodit ze světa tím, že předpokládá nízkou hustotu hmoty, v průměru menší než je hustota vody. To šlo na ruku tehdy již známému Whippleovu kometárnímu modelu.

Nalezené povětroně (často je nazýváme meteority) však celý problém komplikují. Jsou totiž z husté hmoty. Jsou to jiná tělesa, nebo lze tento rozpor překlenout? Ukázalo se, že s vynaložením jistého úsilí je to možné. Skutečně bylo navrženo hned několik mechanismů, které dokáží jakž takž vysvětlit odchylky od teorie i rozdíly v určení hmot i za předpokladu chondritické hustoty hmoty meteorů. Když poněkud nadsadím, mohu snad říci, že stav v utkání zastánců nízkých hustot a vysokých hustot byl 1:1. Obrat nastal po pádu příbramských meteoritů, kdy se kromě slabých meteorů začaly postupně systematicky zkoumat i ohnivé koule (kterým obvykle říkáme bolidy).

Dnes už je materiál z bolidových sítí bohatý. Ukázalo se téměř totéž co u slabých meteorů - k vysvětlení pozorovaných rozporů je zřejmě nutno předpokládat nízkou hustotu hmoty bolidů. To je mrzuté, protože právě z nich se rekrutují meteority (to je svědecky dokázáno). Jsou mezi bolidy alespon dvě odlišné třídy těles? Dávají jedny z nich vznik meteoritům a druhé nikoliv?

Myslelo se, že jasno bude až tehdy, podaří-li se fotograficky zachytit pád meteoritu. Dnes už jsou takové případy dva: Příbram a Lost City. Kupodivu se však nevyjasnilo; naopak vznikl ještě větší zmatek. Fyzikální teorie dává pro meteorit Příbram nízkou hustotu, pro Lost City vysokou hustotu. V obou případech však spadly meteority s podobnou (vysokou) hustotou. Teď zkuste odpovědět na otázku o dvou skupinách bolidů. Takový zmatek může nastat vždy, když se chce provádět statistika z malého počtu případů (v našem případě jde o "statistiku" dvou kusů). Nevíme totiž, zda jde o pravidlo nebo výjimku.

Líbí se mi myšlenka, že meteor může být kus komety, jak udává Whippleův model. Lze tím vysvětlit mnohé rozpory: je velmi malá pravděpodobnost, že v malém kousku komety bude zapečen větší šutr, ledaže by kometa byla již hodně vyžilá. Naproti tomu malinkých hustých částic v něm může být značné množství. To by vysvětlovalo jednak neobyčejně malý počet nalezených meteoritů vzhledem k počtu vyfotografovaných bolidů, jednak i spektra.

S jistým úsilím lze tímto modelem vysvětlit i zdánlivý rozpor mezi meteority Příbram a Lost City. U příbramského případu se hmota určovala z technických příčin dost vysoko, daleko od konce dráhy, kdy kamenné jádro nebylo ještě obnaženo, kdežto u Lost City se totéž provádělo na konci, kdy už mohl letět samotný šutr bez řídké slupky.

V jedné Ceplechově a McCroskyho práci je ukázáno, že všechny modely, které dokázaly vysvětlit rozpory mezi teorií a pozorováním v případě slabých meteorů, aniž bylo nutno postulovat nízkou hustotu meteorické hmoty, přestávají platit, uvažujeme-li větší tělesa. Na velká tělesa (na bolidy) se bohužel nedají aplikovat. Dostáváme se tak do nezáviděníhodné situace: abychom vysvětlili rozdíly mezi teorií a pozorováním u bolidů, museli bychom změnit téměř "svaté" konstanty jako je koeficient brzdění a koeficient světelné účinnosti, a to řádově a ještě k tomu na nepravděpodobnou stranu. Odporovalo by to všem laboratorním měřením i pokusům s umělými meteory. Zdá se to být velice nepravděpodobné; možná však, že se najde takový kacíř, který tyto konstanty změní.

Co nám tedy zbývá? Zbývají už jen dvě možnosti: buďto většina bolidů jsou neobyčejně placatá tělesa, letící bez rotace nikoliv hranou, ale naopak největší plochou dopředu. Jde-li o nesymetrická tělesa, jak lze očekávat u meteorů, pak by takový let byl nestabilní. Nebo - a to je vlastně naše poslední možnost - jsou bolidy tělesa o nízké hustotě. Zastánci nízkých hustot vedou tedy vysoko na body.

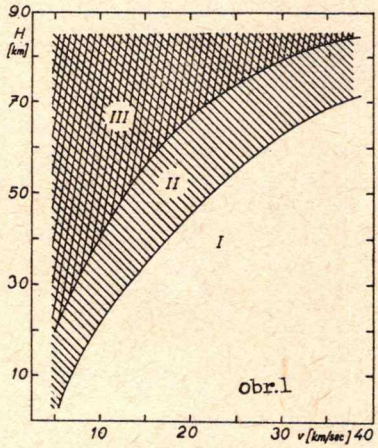
V této situaci vypadá jako kuriozita můj model, který nehýbe "svatými" konstantami, vystačí s tělesy blízkými kouli a nepotřebuje nutně předpoklad nízké hustoty meteorů. Natře-li se můj model trochu na růžovo, nevyhlíží pak už tak absurdně. Nerad bych, abyste si o mně mysleli, že jsem snad skrytým zastáncem teorie vysoké hustoty meteorů. Vím, že můj model nemusí mít vůbec nic společného se skutečností. Byl bych však na výsost spokojen, kdyby se mi podařilo sehnat opravdu silný argument, který by ukazoval, že můj model nemůže principiálně fungovat u meteorů. Pokud by takový argument nebyl, pak bych si přál, aby pomocí modelu bylo možno vysvětlit třeba nějaké anomálie u meteorických jevů.

Nyní však k modelu samotnému: vyšel jsem z Ceplechova modelu, kde autor zkoušel, jak by se změnil meteorický jev u velkých těles,

kdyby ablace hmoty probíhala ve formě malých částic. Výsledkem byly jen malé změny (jen asi o 30% v extrémních případech), zatímco potřebné rozdíly jsou alespoň 10 000%.

Na chviličku zdánlivě odbočím. Velká tělesa se nám neprojevují jen opticky. Rozruchy, které od nich pocházejí, překračují i hrubší lidské smysly než je zrak. Velké bolidy je prý i slyšet, jak to dokazuje řada svědků. Prý to bouchá, duní nebo hřmí. Jsou však i silnější efekty. Nemám k dispozici svědka, kterého by rozruch od meteoru porazil, ale na břehu řeky Tungusky po pádu meteoritu padaly i stromy. Průlet velkého meteoru může tedy způsobit v atmosféře velké porušení všech jejich termodynamických parametrů. Z tohoto hlediska je přirozené, že se ablovaná hmota dostane do jiného prostředí, než by odpovídalo atmosféře v klidném stavu. Termodynamické parametry prostředí jsou vzájemně spojeny určitými vztahy. Pro jednoduchost si z nich vybereme jen jeden, který se vyskytuje v klasických pohybových rovnicích meteoru: je to hustota prostředí. První, co nás pravděpodobně napadne, je to, že atmosféra bude jaksi rozražena průchodem hlavního tělesa a částice se tedy dostanou do zředěného prostředí. Avšak jakýkoliv model takové poruchy dává obrácený efekt než potřebujeme. Pouze dva degenerované případy dokáží tento nežádoucí efekt snížit na minimum. Prvním je neporušená atmosféra, druhým úplné vakuum, jakási vakuová "past", do které částice vstoupí, určitou dobu se v ní vezou v těsném závěsu za tělesem a pak z ní vystoupí poněkud níže na dráze tělesa. Avšak ani tento mechanismus není schopen vysvětlit řádové rozdíly mezi teorií a pozorováním.

Kýžený efekt se dostavil teprve tehdy, když se přenosu tepla na ablaci dal sestupný charakter podle dráhy meteoru (což není fyzikálně nesmyslné) a když dráhy částic v "pasti" jsou fantasticky dlouhé (5 - 10 km). To vše je velmi hezké, nicméně je to jen matematická hříčka. Především je nutno zjistit, zda je mechanismus "pasti" nějak fyzikálně podložen. Nebudu vás dlouho napínat a rovnou řeknu, že něco velmi podobného se našlo. Pro tělesa v určité oblasti výšek a rychlostí je možné, aby se ablované částice pohybovaly v dosti těsném závěsu za tělesem po libovolně dlouhou dobu, aniž se rozsvítí. Vypadá to asi takto: celý interval výšek a rychlostí se rozpadl na tři oblasti:



obr.1

Oblasti I a II jsou nezajímavé, zde se částice vyzáří už po několika metrech, maximálně po několika stovkách metrů letu. Pouze v oblasti III se může částice pohybovat po drahách mnoho kilometrů dlouhých, aniž začne svítit. V této oblasti teplota částic s časem neroste, ale naopak klesá, protože v těchto podmínkách částice více energie tepelně vyzáří než přijme brzděním ve zředěné atmosféře. Budou-li se tedy dráhy meteorů nacházet v oblasti III, vysvětlím pomocí svého modelu rozdíly mezi teorií a pozorováním.

Když jsem před chvílí tvrdil, že v oblasti III se mohou částice pohybovat po libovolně dlouhou dobu (nebo alespoň

po dobu, kterou potřebujeme), aniž se rozsvítí, trochu jsem zalhal. Nezbývá mi než to napravit. Mohou se pohybovat jen tak dlouho, dokud se nedostanou do oblasti rázové vlny, která se tvoří v tzv. hrdle proudění za tělesem. Tak se podmínky drasticky změní a může dojít k vyzáření částic. Poloha této rázové vlny vůči tělesu závisí též na rozměru tělesa. Vezmeme-li v úvahu i tuto skutečnost, lze do obr. 1 zavést jako třetí rozměr ještě rozměr tělesa; dostaneme tak jistou podmínkovou plochu, vznášející se nad oblastí III. Moje teorie platí jen pro tělesa, jejichž dráhy leží nad touto plochou, to znamená pro velká tělesa.

Když do obr. 1 zakreslíme dráhy meteorů, zjistíme, že z oblasti III dole vystupují. Jen malá tělíska centimetrových rozměrů jsou celá v oblasti III.

Centimetrové meteory, které sice leží v oblasti III, se však nacházejí pod podmínkovou plochou, o které jsme se před chvílí zmínili. Moje teorie je tudíž použitelná jen pro velká tělesa, pro malá tělesa neplatí. To by nevadilo, neboť už dříve jsem naznačil, že pro malá tělesa existuje několik jiných dobrých teorií. Všechno vyhovuje až na skutečnost, že velká tělesa nespadají do oblasti III. Stále z ní vystupují, a s tím se bohužel nedá nic dělat. Ale když nelze nic provést s přírodou, je třeba změnit teorii. Skutečně, zkomplikujeme-li naši teorii v tom smyslu, že upustíme od přílišných zjednodušení a přiblížíme se více k realitě, zjistíme, že oblast III bude pokrývat větší plochu na obr. 1.

Uvedu jako příklad jeden způsob, který je již matematicky rozpracován, chybí mu však ještě hodně fyziky. Týká se to zvláštností pohybu rázové vlny za tělesem a jejího působení na ablovanou hmotu. Velmi zhruba to vypadá asi takto: Dřívější model dovoloval přesunout ablovanou hmotu po dráze jenom asi tak, jako při stlačování měchu tahací harmoniky. Teď se však naskýtá možnost (či spíše nutnost, má-li být model reálnější) přesunovat hmotu po dráze tak, jako by světelná křivka meteoru byla gumová bublina, kterou v horní části dráhy palcem stlačíme a která se tudíž ve své dolní části nafoukne. Jako krajní případ možností tohoto mechanismu je spočítán "výbuch" na konci dráhy meteoru. Energie záření v něm vyšla ještě o řád vyšší než energie záření odvozená ze světelné křivky, která dává o dva řády vyšší hmotu fotometrickou než dynamickou. Těleso se nikterak nerozpadlo, zůstalo celé, jen se zde na malém intervalu vyzářila hmota uvolněná z tělesa již dříve. Tento extrémní mechanismus funguje i tehdy (ba dokonce právě tehdy), je-li hmota vlastního tělesa v místě výbuchu nepatrná, takže by vlastně ani nestačila při jakémkoliv rozpadu vytvořit takovýto ohnostroj. Tyto nové efekty jsou natolik mohutné, že je ani celé nepotřebujeme. Můžeme dokonce celý mechanismus, co se týče přídělu ablované hmoty, degradovat na efekt druhého řádu a vrátit se ke klasickému přímému vypařování hmoty z hlavního tělesa. Klasické vypařování by tvořilo jakýsi trup (nebo lépe řečeno kostru) světelné křivky; mechanismus, který jsme právě uvažovali, by byl jen jakýmsi cukrem na bábovce (když hospodynka bábovku pocukruje, je hned o dva řády lepší).

Pro radioamatéry to řeknu ještě jinak: záření z hlavy meteoru je jaksi nosnou vlnou světelné křivky, na které je namodulovaná informace pocházející ze záření ve stopě ("wake").

Škoda, že v této chvíli ještě nemám k disposici kvantitativní výsledky, které by vycházely z daných fyzikálních podmínek. Nemohu tedy ještě rozhodnout mezi dvěma možnostmi. První možnost: částicová ablace je pro všechny meteory zhruba stejná, pokud nasta-

nou vhodné podmínky pro spuštění mechanismu, o kterém byla řeč (totiž u meteorů s mohutnějším celkovým úbytkem hmoty by byl můj mechanismus účinnější - rázová vlna ve "wake" by se rychleji přibližovala k tělesu). Druhá možnost: k vysvětlení efektu rozdílu hmot je nutno uvažovat libovolný parametr: větší podíl ablace částicemi znamená větší rozdíl hmot.

Je jasné, že pravda může být také někde uprostřed. Podivný, nesystematický výskyt efektu rozdílu hmot by mohl být třeba způsoben kombinací obou možností.

Chtěl bych tyto spekulativní teoretické úvahy ilustrovat na příkladu. Řádový rozdíl v určení hmot je v materiálu z americké bolidové sítě běžná věc. Ale u jediného bolidu, u kterého se nějaké kamení našlo (Lost City), se kupodivu hmota fotometrická a dynamická zhruba shodují. Otázka zní: je to náhoda nebo zákon? Tak třeba podle mého divokého modelu: je to způsobeno tím, že meteority dopadnuvší až na zem jsou tělesa fyzikálně natolik zvláštní, natolik kompaktní, že se nijak "nemikrorozpadají", vypařují se jen klasicky a nevzniká tudíž efekt rozdílu hmot, i když by k jeho vzniku byly třeba podmínky? Anebo je to způsobeno tím, že koncová hmota tělesa je příliš velká, že úbytek hmoty nebyl dostatečně strmý a proto nefunguje můj mechanismus, i když třeba ablace probíhá také částicemi?

Z mého modelu vychází mj. také tyto obecné závěry: rozdělíme-li si světelné křivky bolidů zhruba na hladké ("flegmatické" typy bolidů) a na křivky s náhlým vzplanutím a rychlým pohasnutím na konci (typy "sangvinické"), pak u rychlých bolidů by se měly "sangvinické" typy bolidů vyskytovat častěji než u pomalých bolidů. Vyskytne-li se však "sangvinický" typ u pomalých bolidů, mělo by to znamenat, že koncová hmota je malá a tudíž i malá pravděpodobnost pádu (nebo spíše nalezení meteoritů).

Na otázky podobného typu je třeba kvantitativně odpovědět. Nevyjde-li to, je třeba vymyslet jiné modely. Vyjde-li to, je zde stále možnost, že teorie je tak pustá, že nemá nic společného se skutečností. Může to být jen souhra náhod, způsobená víceméně libovolnou volbou některých parametrů nebo dokonce celých mechanismů. Jedna filosofická poučka totiž říká: Možnost a skutečnost jsou dvě rozdílné kategorie a nelze je spolu zaměňovat.

(Z přednášek na semináři o meteorické astronomii v Brně v prosinci 1973)

V.Padevět

NOVÉ KNIHY

Hvězdářská ročenka 1974, Academia Praha 1973, 279 stran, 20,- Kčs

Psát recenze na publikace, které rok co rok vycházejí ve stejné úpravě a s týmž obsahem, je jistě záležitost nevděčná. Není proto divu, že těmito úkoly bývají obvykle poctěni redakční nováčci: "Jen ať si brousí svůj vtip, jitří fantazii, jen ať si lámou svoje "redakční mléčňáky"".

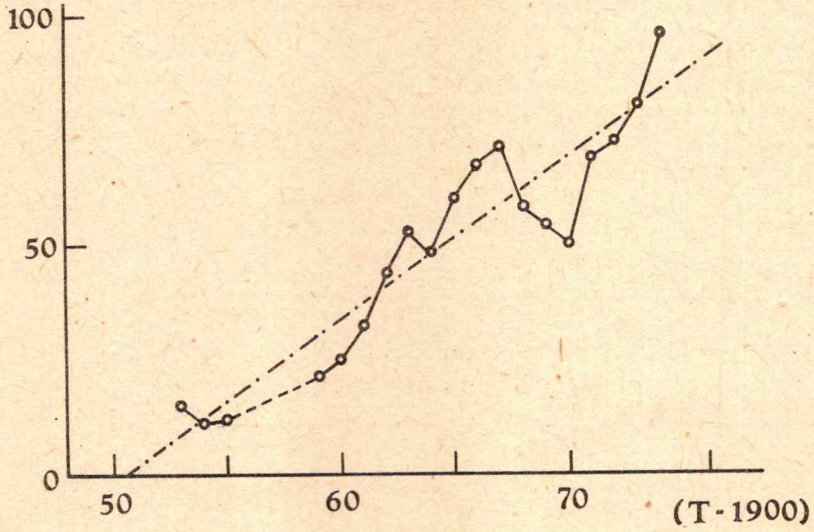
Moje úloha však byla letos poněkud usnadněna tím, že "Hvězdářská ročenka 1974" se odlišuje od svých předchůdkyň a to hned ve

třech ohledech: 1) je jubilejním 50. ročníkem řady hvězdářských ročenek, 2) vyšla tentokrát včas a je dosud běžně k dostání, 3) je o poznání silnější než jindy aniž by se to přitom odrazilo na její ceně (20 Kčs). Zesílení HR 1974 má na svědomí zařazení oddílu F: "Vysvětlení k Hvězdářské ročence", který byl v minulých ročnících (počínaje rokem 1966) z úsporných důvodů vypuštěn. Znovuzařazení vysvětlivek k Hvězdářské ročence je činem velmi záslužným, neboť se tím vychází vstříc mladým zájemcům o astronomii, kteří nevlastní starší ročníky Hvězdářských ročenek.

V ročence se mimo to setkáváme s dalšími oddíly: A. Kalendářní data roku 1974, B. Efemeridy, C. Časové signály, D. Přehled pokroků v astronomii, E. Umělé družice a kosmické rakety vypuštěné v roce 1972.

Rád bych se zastavil u oddílu D: "Přehled pokroků v astronomii", bez kterého bychom si již naši Hvězdářskou ročenku nedovedli představit. "Přehled pokroků v astronomii" seznamuje čtenáře zhuštěnou formou s okamžitým stavem vývoje jednotlivých odvětví astronomie. Informace, které tento přehled přináší, jsou pak cenné nejen pro astronomy - amatéry, jimž je určen především, ale i pro profesionální pracovníky, kteří si na základě tohoto přehledu mohou utvořit dosti přesnou představu o současné problematice těch oborů astronomie, kterými se bezprostředně nezabývají. I historické srovnávání úspěšných i neúspěšných cest astronomického bádání, které je možné s pomocí tohoto přehledu snadno provádět, je velmi poučné. Snad i díky tomuto přehledu, který z Hvězdářské ročenky činí knihu, kterou se vyplatí si schovávat, se Hvězdářská ročenka stala nezbytnou pomůckou všech astronomů.

Jelikož se množství informací s časem mění, odráží se tato skutečnost i na rozsahu oddílu "Pokroky". Pro ilustraci uvádím závislost počtu stránek tohoto oddílu na čase v grafické formě. (Na osu x nanáším letopočet, na osu y počet stran.)



Interpretaci jednotlivých detailů křivky nechť si provede čtenář sám. Obecně lze tvrdit, že uvedená křivka vykazuje zcela neskrývanou tendenci vzrůstat. (Výše uvedený graf je názorným důkazem informační exploze v astronomii a ve vědě vůbec). Proložíme-li jednotlivými body grafu přímku (proložení jsem provedl pomocí metody nejmenších čtverců), zjistíme, že průměrný přírůstek oddílu "Pokroky" činí 3,574 stránky za rok. Extrapolujeme-li tuto přímku až do roku 2024, kdy vyjde jubilejní stý ročník Hvězdářské ročenky, můžeme předpovědět rozsah HR 2024. Ročenka bude mít kolem 140 stran běžného ročenkového textu (efemeridy apod.) a 262 strany budou věnovány "Pokrokům", čili dohromady bude mít ročenka 402 strany.

"Hvězdářská ročenka 1974", 50. ročník serie, byla vydána v roce 1973 nakladatelstvím ČSAV Academia. Rozsah: 279 stran, cena 20 Kčs, náklad 4700 výtisků.

Z.Mikulášek

J.Grygar: Vesmír je náš svět, Orbis, edice Pyramida, Praha 1973

V přírodních vědách (a pravděpodobně ve vědách vůbec) lze vystopovat čtyři základní druhy problémů. Prvním druhem jsou ty problémy, které jsou snadno pochopitelné odborníkovi i široké laické veřejnosti; tento typ je nezajímavý, a v čisté podobě možná ani neexistuje. Druhým typem jsou problémy, které přes svou složitost dovede vědecky fundovaný pracovník řešit, které však jsou pro laika buď zčásti nebo zcela nesrozumutelné, a proto i záhadné. Nad třetím typem problémů odborník jen pokrčí rameny, pro laika je však vše naprosto jasné, pochopitelné a vysvětlitelné. Poslední typ problému nelze zatím řešit definitivně ani v odborných kruzích a i široká veřejnost klade v jejich souvislosti marně otázky čekajíc na ně od vědeckých pracovníků, ústavů a institucí odpovědi.

S výjimkou prvního typu jsou všechny uvedené druhy problémů rovnoměrně zastoupeny v nové knize J.Grygara, zabývající se tématickým okruhem otázek z moderní astronomie a astrofyziky, kosmologie a mezních oborů těchto vědních odvětví. Pro čtenáře, kteří jistě se zájmem sledují v KR publikovaný materiál z panelové diskuse, konané v prosinci 1972 v Praze, bude obsahová náplň knížky zcela vymezena, řeknu-li, že se téměř neliší od témat, která byla v této diskusi probírána.

V první kapitole knížky jsou rozebírány možnosti a současné hranice použití moderní astronomické pozorovací techniky. Druhá je věnována vývojovým otázkám hvězd, zdrojům energie ve hvězdách, problémům zrodu hvězd a jejich konečných vývojových stádií. Třetí kapitola si všímá především zvláštností "neklasických" oborů elektromagnetického spektra a jejich využití v astronomické praxi. Další kapitoly jsou pak věnovány objektům, které dnes stojí v popředí zájmu soudobé astronomie a astrofyziky, a jejichž objev představuje převrat v dosavadním chápání možností rozmanitosti forem hmoty ve vesmíru. Otázky kvasarů, pulsarů, neutronových hvězd a hvězd ve stádiu gravitačního kolapsu, problémy existence antihmoty ve vesmíru jsou zde předkládány čtenáři s neobyčejným citem pro serioznost, přitom zcela přesvědčivě a na úrovni soudobých rychle se vyvíjejících poznatků. V sedmé kapitole je nastíněn stručný vývoj hvězdných soustav, vývoj vesmíru jako celku a s ním i související problémy jeho metriky. V závěrečné osmé kapitole je

pak hledána odpověď na odvěkou otázku lidstva, zda i jinde ve vesmíru existuje život a jaké jsou možnosti jeho detekce, případně komunikace s ním.

K jednotlivým výše uvedeným tématům byla již sice zveřejněna řada článků a sdělení v nejrůznějších časopisech, dosud však chyběla populárně vědecká literatura, která by je uváděla do vzájemných souvislostí a hodnotila dosavadní dosažené výsledky jejich studia z obecnějšího globálního pohledu. Knížka Dr. Grygara, jednoho z předních pracovníků stelárního oddělení Astronomického ústavu ČSAV v Ondřejově, překlenula tento nedostatek časopiseckých článků a dává navíc čtenáři možnost pochopit způsob, jakým soudobá moderní astrofyzika pracuje, jak vědecko-technická revoluce zasahuje do oblasti astronomických pozorování a jaká úskalí čekají na teoretiky, kteří tato pozorování interpretují.

Kniha je psána značně sugestivně a autor si dovede získat pozornost čtenáře často až rafinovaným způsobem. Odmyslíme-li si řadu uvedených zajímavých episod z běžné astronomické praxe, alespoň jeden příklad za všechny: V kapitole o třech možnostech závěrečného stádia hvězdného vývoje je zdůrazněno, že jedině hvězdy s počáteční hmotou 1,44 až 2 hmoty Slunce jsou předurčeny k tomu státi se neutronovou hvězdou. Na téže stránce je však uváděna jako příklad neutronová hvězda s poloměrem 10 km a hmotou pouhého jednoho Slunce. Hloubavý čtenář jistě "objeví" chybu v autorových úvahách, neboť z předcházejícího výkladu vyplývá, že ztráta hmoty hvězdy během jejího vývoje je téměř zanedbatelná. S tím však autor zřejmě počítá, neboť v následujících odstavcích šokuje čtenáře řešením tohoto zdánlivého paradoxu předpokladem o možnosti vzniku neutronových hvězd i jiným mechanismem, výbuchem supernov.

Kniha je určena především pro širší vrstvy zájemců o astronomii, je však psána tak poutavě, že si ji se zájmem přečte i odborník; jistě i on po jejím přečtení si vytvoří řadu nových pohledů na problémy, nad kterými dosud neuvažoval.

O poutavosti knihy svědčí i to, že si ji zřejmě ještě ve výrobním procesu s oblibou a velkým potěšením pročítal i tiskařský šotek. Snad se najde pisatel, který by komentoval výsledky jeho činnosti v některém z příštích čísel KR v rubrice Vesmír se diví; stálo by to opravdu za to.

I když kniha vyšla v dosti značném nákladu (12 tisíc výtisků), bude asi rychle celý její náklad rozebrán. Doporučuji proto čtenářům KR, aby si ji zajistili včas; jde opravdu o dílko, které v uvedené kategorii vychází v české populárně vědecké literatuře poprvé.

M.Vetešník

Z.Pokorný, K.Raušal, J.Šilhán: Návod k pozorování zákrytových proměnných hvězd. Práce Hvězdárny a planetária Mikuláše Koperníka v Brně č. 16, 122 stran, 16 obr., 1 příloha, neprodejné.

Hvězdárna a planetárium M.Koperníka v Brně vydala "Návod k pozorování zákrytových proměnných hvězd". Návod je vydán jako metodická pomůcka pro pozorovatele proměnných hvězd. Jeho vydání můžeme uvítat, protože publikace o pozorování proměnných hvězd jsou již dávno rozebrány.

V návodu je krátce pojednáno o různých typech zákrytových proměnných, je ukázáno, co se můžeme z pozorování o nich dovědět a jsou popsány vhodné přístroje, jimiž je možno amatérská pozorování konat.

Hlavním cílem publikace je pojednání o různé technice amatérských pozorování, což je podrobně a srozumitelně probráno. Jsou popsány metody vizuální i fotografické. Pro toho, kdo by se chtěl o proměnných hvězdách a jejich pozorování dovědět více, je uvedena příslušná literatura.

K návodu je připojen katalog proměnných hvězd, které jsou v pozorovacím programu hvězdárny a planetária v Brně a rovněž velikosti srovnávacích hvězd v mapkách, které zmíněná hvězdárna vydala.

Amatér - hlavně začátečník - najde v publikaci velmi dobrou pomůcku pro svoje pozorování a proto můžeme každému zájemci o pozorování zákrytových proměnných hvězd tuto příručku vřele doporučit.

A.Vrátník

DISKUSE

Také ke Koperníkovu výročí

Jubilea významných vědců, i když jich je zpravidla vzpomínáno se superlativy, se ne vždy setkávají s příznivým ohlasem. Mnozí totiž vycitují, že velké jméno oslavencovo je sice všudypřítomno v jubilejním roce, kdežto v ostatních letech je takřka jakoby zapomenuto, a jsou tu zase jiní jubilanti. Ti se teď sluní ve středu pozornosti a o nich se mluví v superlativech, aby zase o rok později i na ně bylo zapomenuto. Lze pochopit, že poznání tohoto cyklu mnohého dráždí. Přiznejme, že do jisté míry i nás, ale k tomu se ještě vrátíme. Najdou se však i takoví autoři, kteří ze vzdoru a snad i ve snaze po originalitě a vlastní popularitě popustí uzdu svému vrtochu všem navzdory ukázat jubilanta ve všem všudy naruby. Tam, kde jiní ukazují význam a hodnoty, nalézají oni bezvýznamnost, průměrnost a bezcennost.

Nějakými takovými pohnutkami byl pravděpodobně veden Dr. David L. MacAdam, když se jako redaktor známého časopisu Journal of the Optical Society of America /1/ rozhodl napsat krátký příležitostný článek Copernicus Half-Millenium. Podařilo se mu sice dosáhnout skutečně provokujícího, ale bohužel také pochybného výsledku.

Všimněne si, co autor píše. Již od počátku se staví na krajně zaujaté stanovisko:

> "Píši tuto poznámku k 500. výročí narození Mikuláše Koperníka. Pokoušel jsem se o to několikrát, ale stále znova jsem ztrácel odvahu a chuť ponořit se do skličujícího příběhu bázlivého, tajnůstkářského muže, který by byl navždy skryl svůj jediný skutečný přínos vědě, kdyby jeho přátelé z něho nevypáčili souhlas k uveřejnění prakticky nestravi-

telné knihy..."

Tuto "nestravitelnost" vytýká autor Koperníkovi v kratičkém článku celkem čtyřikrát. Jak tedy asi jistým měřítkem má autor změřenu stravitelnost vědeckých textů z raného období moderních dějin, aby to musel několikrát opakovat v článku, který - přísně vzato - měl být poctou Mikuláši Koperníkovi?

Lze ukázat, že Dr. MacAdam nejen že pro jistotu onu zcela nestravitelnou knihu raději ani nevzal do rukou, ale že svůj názor na Koperníka čerpá z jediného, jistými předsudky zatíženého pramene. K tomu přijdeme za chvíli.

Čtěme nyní dále:

"Jeho zárodečná revoluční idea heliocentrické soustavy, která došla obrovského rozkvětu až vlivem Keplera a Galileiho víc než půl století později, byla vlastně vzkříšením myšlenek Aristarcha ze Samu, žijícího více než tisíc sedm set let dříve."

V dvacátém století snad duplicita, ať již vědomá nebo nevědomá, vědeckou práci deklasuje. Kdo si však smí dovolit implicite toto hledisko natahovat mezi Aristarchem a Koperníkem? Vždyť i daleko konkrétnější fakta jako kulatost Země a Eratosthenem zjištěný její obvod dovedly pro mnohé dokonale zapadnout či vyhořet s knihovnami. Kdo mohl a může být kritisován za to, že nebyl tehdy à jour ve stavu vědeckého bádání, že nezná literaturu? Lidé mohou být odpovědni jen za svou okamžitou logiku či nelogiku s přihlédnutím k okolnostem jejich okamžité doby. Jestliže Koperník vlastně jen opakoval Aristarcha, pak se stejnou tolerancí na souvislosti by se mohl Pythagoras chtít bratřit s Planckem a Bohrem. Takové závěry mohou vyjít samočinnému počítači, neměly by však vycházet vědcům, ať se kdykoli a kdekoli zamýšlejí nad složitým procesem poznávání.

Je zřejmé, že Koperník znal Aristarcha ze Samu a také se k tomu hlásil. Nakolik podrobně však mohl znát jeho planetární soustavu (ostatně ani naše doba po usilovném bádání ji sdostatek přesně nezná), to nemůžeme odhadnout. Ale: nelze přece zapomenout na fakt, že do doby mezi Aristarcha a Koperníka spadá velké historické břemeno vědy - Aristotelova teorie pohybu těles a z ní vyplývající "důkaz", že nehybná Země nutně musí spočívat uprostřed vesmíru. Znovu pozvednout Aristarchovo dědictví znamenalo ovšem i zároveň pohnout oním nemalým břemenem. A to Koperník musel udělat a také udělal, a význam toho není umenšen tím, že Koperníkův výsledek je spíše jen náznakem cesty.

"Své astronomické přístroje si Koperník vyrobil většinou sám v provedení, které popsal o tisíc tři sta let dříve Ptolemaios. Jedním z nich bylo trikvetrum, vysoké asi tři a půl metru a sestávající ze tří jedlových tyčí. Jedna tyč stála svisle. Druhá, opatřená dvěma záměrnými značkami, byla zavěšena na vrchelu tak, aby bylo možno zaměřit na Měsíc nebo na hvězdu. Třetí tvořila příčný trámec se stupnicí, na níž bylo možno odečítat úhel hvězdy nad obzorem."

Dalším přístrojem měl být "baculus astronomicus", ač právě jej Koperník nikde neuvádí a nepopisuje.

"Koperník neměl ani čočky, ani zrcadla stejně ani jako Tycho půl století později. V té době bylo možno získat lepší a přesnější přístroje jako kvadranty, astrolábу a armilární sféry - Koperník měl pěkné příjmy a byl by si mohl dovolit

takové přístroje koupit, ale neudělal to."

Tuto okolnost by dovedli chápat naši amatéři - astronomové, kteří si optiku nedovedou vyrobit sami, zejména pokud jde o okuláry. Snad to tady byl odjakživa "regionální problém" a jeví se směšným z hlediska surplus optics, bohatě inserované v amerických astronomických časopisech, nehledě na komerční výrobky. Vážně však řečeno, asi s přístroji za Koperníkova života nebylo tak snadné.

A přece těmto obtížím Koperník dokázal vzdorovat. Existenci kvadrantu a armilární sféry vůbec nepřehlédl Koperník, ale bohužel právě jen autor článku přehlédl, že Koperník v De revolutionibus podrobně popsal konstrukci obou těchto přístrojů, tedy kromě trikvetra i kvadrantu a astrolabia, což je v jeho pojetí armilární sféra, a navíc že s těmito přístroji, které si buď sám zhotovil, anebo byly zhotovovány pod jeho dohledem (zcela určitě to platí aspoň o kvadrantu) také měřil, a to značně přesně. Nemusel tedy nic kupovat, neboť aspoň vzhledem ke zboží, které mu nabízí Dr. MacAdam, byl Koperník slušně si stojící samozásobitel. Ostatně ani Tychonovi Brahe toho Rudolf II. mnoho nekoupil. Tycho, sám boháč, konstruoval někdy téměř marnotratně, ale mnohé třebas také nekupoval, pokud necítil potřebu pro svou teorii.

Přejděme k dalším znevažujícím soudům: Vždyť on toho Koperník sám ani mnoho nenapozoroval!

"Spoléhal se na pozorování, která prováděli Chaldejci, Řekové a Arabové před více než tisíci lety..."

To tedy zase ne! Na chaldejská pozorování bohužel spoléhat nemohl, nebyl by je ani mohl spolehlivě chronologicky navázat. Jinak však velice správně postihl, že velká časová odlehlost pozorování mnohonásobně zvyšuje přesnost odvozených period, a z toho, co Dr. MacAdam ve své neznalosti považuje za zlý prohřešek, dokázal prozíravě vytěžit maximální zisk.

Položil si snad také při svém krutém odsuzování Koperníka Dr. MacAdam dvě vzájemně příbuzné a bezesporu i řečnické otázky: 1. Je snad teorie méněcenná proto, že vychází i z cizího pozorovacího materiálu? 2. Musí vůbec autor teorie být sám pozorovatelem? Nemůže snad mít hodnotu, a třeba i velkou hodnotu, právě nové hledisko, s nímž k materiálu jinak obecně známému přistupuje? Není tedy nic nečestného, jestliže by Koperník i byl nepozoroval vůbec, a jak autor praví

"považoval se za filosofa a matematika a prohlížení oblohy přenechal jiným."

To se přece děje v astronomii a ve fyzice až do našich časů a dokonce čím dál tím více. Je v tom nemalý kus železné logiky postupující specialisace.

Snad nemá již smyslu dál sledovat všechny nepřesnosti a neznalosti, jimiž autor stačil zaplnit svůj článek. Horším prohřeškem než spousta věcných chyb je autorovo hledisko jako celek, zcela nehistorické, zcela neadekvátní. Za ně by měl být autor zodpovědný především. Avšak tu je kámen úrazu. Dr. David L.MacAdam, který Koperníkovi tolik předhazuje nepůvodnost, není se svým hlediskem vůbec původní. Převzal je se vším všudy z knihy Arthura Koestlera "The Sleepwalkers" /2/, odkud - a to taktně zamlčuje - přejímá někdy i celé úseky textu.

Nebudeme se s nikým přít o hodnocení těch úseků Koperníkova života, o nichž každý zasvěcený ví, že je krajně obtížné je inter-

pretovat. V té věci mohla působit celá řada příčin a paušální výklad pouze a jenom Koperníkovou bojácností se jeví jako krajně jednostranný. Připomeňme jen tu okolnost, že věda v dávných dobách byla výsadou a někdy i tajemstvím úzkého okruhu vyvolených, že myšlenky mnohdy dlouho cirkulovaly jen v disputacích a korespondenci. Dnešní známý imperativ vědců "publikuj, nebo jsi ztracen" zdaleka nebyl živě pociťován a jistě jej neměl Koperník, připočteme-li si k tomu též jeho další, a hlavně vlastní, profese kněze, lékaře a diplomata. V této věci autor zcela - jako ostatně ve všem - podlehl Koestlerovým aversím vůči Koperníkovi, jež jsou předznamenány již názvem příslušné kapitoly "The Timid Canon". Přesto však Koestler (zahleděný do Keplera tak, že někdy potlačoval i přínos jeho hlavních předchůdců) dovedl říci o Koperníkovi mnoho objektivního a velkého. Je politováníhodné, že redaktorovi renomovaného optického časopisu z toho vyšel tak nepodařený (a nepřiznaný) digest.

Závěrem snad ještě jen k tomu, k čemu jsme se na počátku slíbili vrátit. I nás dráždí, jestliže při jubilejní příležitosti je oslavenec vždy jen tím nejlepším a třeba hned příštího roku jím je jeho vědecký soupeř, který v tu chvíli přesedl - skoro jako v pohádce o dvanácti měsíčcích - na jubilantovo křeslo. Je však cesta ven z této situace. Skutečný vývoj vědy i s přesnějším určením proporcí významu a vlivu jednotlivců nemohou ukázat jubilejní články, ale skutečné dějiny vědy. Ty mohou sledovat u jednotlivců nejen jejich přínos, ale i to, co je pro vývoj vědy často snad ještě podstatnější - interakce, ať již se projeví jako kontraverse mezi konkrétními názory různých vědců nebo jako onen daleko subtilnější proces intuitivního uchopení myšlenky, která tak říkajíc visí ve vzduchu, možná už po několikáté v historii, ale dosud ji nikdo neutrhl, protože nebyla správná doba zrání. A tu si pak také možno klást otázku, čeho všeho docilujeme v životě i ve vědě přímo a cílevědomě, s příslušnou oslnivostí postupu, a čeho oklikami a lopotou, v souhlase s dialektikou myšlení a vývoje vůbec. Ostatně příběh Keplerův je v tomto smyslu ještě daleko dramatičtější. Nelze z posice dvacátého století pobaveně nebo znechuceně zkoumat (to druhé je spíše námi sledovaný případ), jak v tom tehdy bloudili, jak se tak jejich lodička na oceánu neznáma kymácela, že zakoušeli i pocity strachu a že mohli vzít stravitelnější kurs.

Jestliže straníme detailnímu historickému poznání oproti paušálně-oslavným článkům, neznamená to tedy, že soudíme stejně s Dr. Davidem L.MacAdamem o Koperníkovi. Právě naopak: V celkovém pohledu na vývoj přírodovědy vyniká Koperníkovo pravé místo ještě zřetelněji a nesporněji.

Z.Knittl, Z.Horský

Literatura:

/1/ David L.MacAdam, "Copernicus´Half-Millennium". Journal of the Optical Society of America, 63 - 1973, 516

/2/ Arthur Koestler: The Sleepwalkers. A History of Man´s Changing Vision of the Universe. Pelican Books, 4. vyd. 1969

NOVINKY Z ASTRONOMIE

UV astronomie z geosynchronní dráhy

Rozvoj ultrafialové astronomie je spjat s rozvojem kosmonautiky, jak dokumentuje umístění dalekohledů pro pozorování v UV oboru na palubách umělých družic Země. Pro tyto výzkumy měla sloužit podle dřívějších plánů NASA i čtvrtá družice programu SAS (Small Astronomy Satellite), označovaná jako SAS-D. Po dohodě s ESRO (European Space Research Organisation) však došlo k přenesení programu na mezinárodní úroveň, danou společnou účastí této evropské organizace a NASA.

Cílem je umístění dalekohledu pro pozorování v oboru 1150-3200 A o průměru 45 cm na geosynchronní oběžnou dráhu. Volba této dráhy pochopitelně klade omezení na užitečné zatížení a tím i na rozměry dalekohledu. Na druhé straně však je to výhodné vzhledem k jednoduššímu uspořádání pozemních sledovacích stanic a rovněž se zjednoduší některé systémy družice. Navíc toto uspořádání umožní přímé řízení činnosti palubních přístrojů pozemním střediskem. Geostacionární oběžná dráha není pro astronomické účely příliš vhodná, protože omezuje celkovou rozlohu pozorovatelné části oblohy. Geosynchronní dráha se vyznačuje sice stejnou oběžnou dobou - zhruba 24^h - ale oproti ní nemá nulový sklon k rovině rovníku, takže vůči pozemnímu pozorovateli provádí družice omezený kývavý pohyb ve směru poledníku.

Parametry oběžné dráhy družice SAS-D, nyní uznačované jako IUE (International Ultraviolet Explorer), budou tedy tyto: H = = 35 700 km; i = $28^{\circ}9$. Na geosynchronní dráhu bude družice uvedena nad 47° západní délky. Ke startu dojde nejdříve v roce 1976, a to nosnou raketou Delta 904 s přidaným motorem na tuhé pohonné hmoty Thiokol TE-M-442-1. Celková hmota družice dosáhne 540 kg, hlavním přístrojem bude již zmíněný 45 cm reflektor Cassegrainova typu se spektrografem.

Vědecký výzkum IUE zahrne těchto 6 bodů:

1. Získání spekter s vysokým rozlišením (0,1 A) hvězd všech spektrálních typů pro přesnější určení jejich fyzikálních charakteristik
2. Studium toku plynů u vybraných dvojhvězd
3. Pozorování galaxií, kvasarů a horkých hvězd podnormální svítivosti s nízkým rozlišením (6 A)
4. Získání spekter atmosfér planet a komet
5. Opakovaný záznam spekter u těch objektů, jejichž spektra jsou časově proměnná, a to v intervalu minimálně 30 minut
6. Studium povahy mezihvězdného prachu a plynu pozorováním jejich absorpčních spekter z rozdílů mezi UV spektry vybraných příbuzných objektů

Přesnost zaměření reflektoru dosáhne $\pm 1''$. Rychlost přesunu dalekohledu z jednoho objektu na druhý bude 5° za minutu.

Před umístěním na konečnou geosynchronní dráhu bude IUE na parkovací dráze stabilizován rotací (spolu s 3. stupněm nosné rakety

Delta). Proto se vyžaduje statické i dynamické vyvážení vzhledem k ose rotace. Zajímavé je uspořádání panelů se slunečními bateriemi. Na protilehlých stranách tělesa jsou připevněny dvě sady panelů, každá sada sestává ze tří panelů o ploše 0,9 m^2, které jsou navzájem vějířkovitě odkloněny o 45°. Toto nezvyklé uspořádání zaručuje dostatečný výkon slunečních článků (minimálně 185 W) i při šikmém osvětlení slunečními paprsky až do 60°. Takto se zajistí potřebný výkon slunečních baterií i při změnách polohy, vyžádaných pozorovacím programem. Dalekohled přehlédne až 66% celkové nebeské sféry. Na neosvětlené straně Země dodají energii dvě patnáctičlánkové Ni-Cd akumulátorové baterie (12 ampérhodin).

Zvláštní pozornost je třeba věnovat systémům tepelné regulace a tepelné izolaci vědeckých přístrojů. K celkové regulaci teploty uvnitř družice se použijí osvědčené regulační žaluzie, vnější povrch tubusu reflektoru bude před extrémními teplotami chránit vícevrstevnatý izolační obal. Primární zrcadlo Cassegrainova systému bude izolováno od vlastní konstrukce dalekohledu, stejně tak jako od přístrojového vybavení (spektrograf). Naopak sekundární zrcadlo bude třeba ohřívat tak, aby jeho teplota neklesla pod -36°C. Přenos dat z paluby družice bude prováděn rychlostí 20 480 bitů za vteřinu. Každý snímek reprezentuje přibližně 4.10^6 bitů, celý se tedy předá na Zemi za 3,75 min. Počítá se, že vědci budou mít získaná spektra k dispozici do 24 hodin po skončení pozorovací periody. Přitom je možná přímá kontrola během pozorování.

Operační řídící středisko NASA bude umístěno v NASA Goddard Space Flight Center v Greenbeltu ve státě Maryland, na evropské straně se plánuje výstavba pozemní řídící stanice ve Španělsku, asi 30 km od Madridu.

I. a R. Hudcovi

Literatura:

/1/ ESRO/ELDO Bulletin, No. 18, 13 /1972/

/2/ Raumfahrtforschung, 16, 201 /1972/

/3/ ESRO/ELDO Bulletin, No. 22, 20 /1973/

Jaká je nejmenší hmota neutronové hvězdy?

Hvězda, která již vyčerpala veškeré zásoby jaderné a tepelné energie, končí buď jako bílý trpaslík nebo neutronová hvězda, popřípadě podléhá gravitačnímu kolapsu. Prvé dva způsoby odchodu z "aktivního hvězdného života" představují vytvoření stabilních konfigurací, třetí cesta je nestabilní a vede nakonec k tomu, že se hvězda uzavře vůči vnějšímu světu. Odpověď na často diskutovanou otázku horní hranice hmoty neutronové hvězdy závisí do značné míry na tom, jakou stavovou rovnici jaderné kapaliny při výpočtu modelu neutronové hvězdy použijeme. Protože v názorech na vlastnosti neutronové látky panuje překvapující nejednotnost, pohybuje se i odhad horní hranice hmoty neutronové hvězdy v dosti širokých mezích: od 0,4 $M_\odot$ do 1,5 $M_\odot$. Hvězda s hmotou větší pak neodvolatelně kolabuje.

Má-li neutronová hvězda hmotu menší než 0,2 $M_\odot$, je její celková vazební energie mezi částicemi hvězdy menší než vazební energie mezi částicemi bílého trpaslíka téže hmoty. Bílý trpaslík tu

tedy představuje stav s těsnějším uspořádáním částic. Proto se až donedávna pokládala hodnota 0,2 $M_\odot$ za faktickou spodní hranici hmoty neutronové hvězdy. Jak však ukázali fyzikové Y.C.Leung a C.G.Wang ("Nature Phys.Sci.", 240, 132, 1972), existují stabilní konfigurace neutronových hvězd s hmotou menší než ony 0,2 $M_\odot$! Poukázali totiž na skutečnost, že oba stavy, neutronová hvězda a bílý trpaslík, jsou odděleny energetickou přehradou, kterou neutronová hvězda nemůže sama o sobě překonat, neboť je energeticky zcela insolventní. Tato energetická bariéra mezi oběma stavy mizí až při nižších hmotách, kdy neutronová hvězda může samovolně "sklouznout" do energeticky výhodnějšího stavu bílého trpaslíka. A právě ta velikost hmoty, při níž zmizí hráz mezi stavem neutronové hvězdy a bílého trpaslíka, představuje pro neutronovou hvězdu skutečnou spodní hranici hmoty. Velikost této minimální hmoty závisí tentokrát na zvoleném modelu neutronové hvězdy: vezmeme-li za svůj model, v němž i jádro bude tvořeno čistě neutrony, dostaneme hmotu 0,067 $M_\odot$, přijmeme-li model, v jehož jádru jsou kromě neutronů přítomna i jádra těžkých prvků, docházíme k hodnotě poněkud vyšší: 0,093 $M_\odot$.

To, zda vychladlá hvězda s hmotou v intervalu od 0,2 $M_\odot$ do 0,067 $M_\odot$ (eventuelně 0,093 $M_\odot$) nakonec zaujme stav bílého trpaslíka nebo neutronové hvězdy, závisí na její minulosti. Probíhá-li chládnutí a hroucení hvězdy poklidně, bez nějakých drastických událostí, stane se hvězda bílým trpaslíkem. Je-li však konec hvězdy doprovázen nějakým explozívním procesem (výbuchem supernovy), může se stát, že zbytek hvězdy bude "násilím" uveden do stavu neutronové hvězdy, ze kterého již není úniku.

Z.Mikulášek

Umelé družice Zeme ESRO

V priebehu roku 1975 európska organizácia pre výskum vesmíru - European Space Research Organisation (ESRO) - Centre Européen de la Recherche Spatiale (CERS) - Europäische Weltraumforschungsorganisation (EWFO), má vypustiť ďalšiu umelú družicu Zeme COS-B, ktorá bude skúmať gama žiarenie galaktického pôvodu.

Vedecký výskum prístrojami umelej družice Zeme COS-B budú sledovať a spracúvať strediská a univerzity v Nemeckej spolkovej republike, Francúzsku, Taliansku, Holandsku a europske kozmické technologické stredisko Noordwijk ESTEC v Holandsku.

Družica bude mať reorientovanú os otáčania pomocou plynových trysiek, ako to bolo v prípade HEOS-1 z 5.12.1968 a HEOS-2 z 31.1.1972.

Sklon obežnej dráhy k rovine rovníka bude doposiaľ najmenší aký kedy mali umelé družice ESRO, 25°. Dráha družice COS-B sa podľa parametrov javí veľmi výstredná, apogeum 100 000 km, perigeum 350 km, perioda 2230 minút. Celá družica bude mať hmotnosť 280 kg, z čoho pripadne 115 kg na úžitočný vedecký náklad.

V roku 1976 ESRO vypustí UDZ GEOS, ktorá bude skúmať častice, pole a vlny v priestore. Sklon dráhy družice bude 0 až 1°. Ako geostacionárne teleso bude mať obežnú dobu 1436 min. Ostatné údaje sú uvedené v tabuľke. Celkove na deviatich pokusoch sa zúčastnia vedecké ústavy zo Švajčiarska, Nemecka, Dánska, Francúzska,

Parametre budúcich družíc ESRO

		COS-B	GEOS
Dráha	sklon stupňov	25	<1
	apogeum km	100 000	35 800
	perigeum km	350	35 800
	perioda minút	2230	1436
Hmota	celej družice kg	280	180
	vedeckého úžitočného nákladu	115	31
Poloha	počet otáčok/min.	10	10
	kontrola	reorientáciou osi otáčania pomocou plynových trysiek	stabilizáciou na 3 osi s hydrazínovým systémom motorov
Výkon slnečných batérií		90	90
Telemetria			
	výkon v skutočnom čase (RTT), wattov	6	2 (UHF) 2 (VHF)
	rýchlosť v skutočnom čase, bitov/s	160	100 000 (UHF) 150 (VHF)
Počet telekománd		140 (PCM)	125 (PCM)
Pokusy	počet	1 teleskop pre gama lúče	9
	krajiny	D,F,I,NL, ESTEC	CH,D,DK,F,GB,I, a ESTEC
Dátum vypustenia		1975	1976

Skratky štátov: CH - Švajčiarsko, D - Nemecko, DK - Dánsko, F - Francúzsko, GB - Veľká Británia, I - Taliansko, B - Belgicko, NL - Holandsko, S - Švédsko, E - Španielsko

Veľkej Británie, Talianska a ESTEC. GEOS bude vynesená raketou vlastnej konštrukcie EUROPA II. Perspektívne sa uvažuje o družiciach Helos (X žiarenie - 1979), IME (mag. pole - 1977).

Prvá družica ESRO II/IRIS bola vypustená 17.5.1968 z amerického štartovacieho komplexu Western Test Range zo základne Air Force Bace Vandenberg pomocou štvorstupňovej rakety na pevné pohonné látky Scout. Rok 1968 bol bohatý na družice ESRO. V oktobri štartovala ESRO IA- Aurorae a v decembri HEOS 1. V 1969 to bola iba ESRO IB- Boreas. Do r. 1972 bola prestávka. Ale v tomto roku 1972 znovu ESRO slávilo úspechy, lebo vypustilo tri umelé družice Zeme, HEOS 2, TD1-A a ESRO IV. Celkove táto organizácia vypustila už sedem UDZ, ale stále to bolo americkými nosnými raketami SCOUT, THOR-DELTA alebo DELTA-N.

Do ESRO patria západoeurópske štáty Nemecká spolková republika, Veľká Británia, Dánsko, Švédsko, Holandsko, Belgicko, Francúzsko, Španielsko, Švajčiarsko a Taliansko. Podujatia organizácie najväčšou mierou financujú Veľká Británia, NSR a Francúzsko.

Riaditeľstvo ESRO je v Paríži vo Francúzsku, výpočtové a

organizačné stredisko ESOC v Darmstadte v NSR, technologické centrum ESTEC v holandskom Noordwijku, fyzikálno-chemické stredisko v talianskom Frascatti a sondážne rakety sa vypúšťajú vo švédskom Laponsku pri Kirune (ESRANGE).

Sieť sledovacích staníc pre družice ESTRACK je rozložená po celom svete. ESRO používa vlastnú sieť staníc. Okrem toho spolupracuje so stanicami NASA, CNES, NOOL, atď.

ORGANISAČNÍ ZPRÁVY

Ústřední výbor ČAS zasedal v r. 1973 celkem dvakrát (29. června a 14. prosince), předsednictvo ústředního výboru rovněž dvakrát (29. května a 15. listopadu). Kromě průběžného řešení obvyklé agendy se předsednictvo i ústřední výbor Československé astronomické společnosti při ČSAV zabývalo těmito závažnějšími úkoly:

a) přípravou pracovního řádu pro sekce a komise ČAS a novelisací jednacího řádu pro pobočky ČAS. Dvě komise (za předsednictví Dr.J.Grygara, CSc. a Prof. O.Hlada) připravily podrobné podklady, které jsou nyní rozeslány k připomínkovému řízení. Definitivně se touto otázkou má zabývat příští zasedání PÚV ČAS a ÚV ČAS.

b) vyhlásilo a odměnilo nejlepší pracovníky sekcí ČAS (srovnej Kosmické rozhledy, čís.3, str.129)

c) ÚV ČAS schválilo zprávu o činnosti ČAS za rok 1972 a vypracovalo a schválilo plán činnosti ČAS na rok 1974. Byl připraven rozpočet ČAS na rok 1974, který byl po určitých omezeních schválen ekonomickým odborem Ústřední správy pracovišť ČSAV

d) ÚV ČAS uvědomil všechny složky ČAS o nutnosti maximálně šetřit na cestovném vzhledem k opatření ze strany ekonomického odboru Ústřední správy pracovišť ČSAV, jímž byl rozpočet na cestovné na rok 1973 fakticky snížen o cca 30%. Ústřední výbor ČAS (i předsednictvo) omezil počet svých plánovaných zasedání v roce 1973, aby snížením rozpočtu na cestovné pokud možno nebyly postiženy odborné sekce ČAS

e) předsednictvo ÚV ČAS ustavilo a ÚV ČAS schválil ustavení elektronické sekce ČAS. Tím je splněno usnesení 6. řádného sjezdu ČAS o zřízení technické sekce ČAS. Předsedou elektronické sekce je Ing. Karel Jehlička, členy předsednictva jsou: Dr.M.Vetešník, CSc., Ing.V.Ptáček, Dr.P.Mayer, CSc., Jaroslav Medek, sídlem této sekce je Brno. V předsednictvech ostatních sekcí byly provedeny tyto změny: Byla přijata resignace Dr.S.Kříže, CSc. na funkci předsedy stelární sekce a na jeho místo byl ustanoven Dr.P.Mayer, CSc. Byla přijata resignace Prof.Dr.V.Vanýska, CSc. na funkci předsedy pedagogické komise ČAS a na jeho místo byl ustanoven Dr.B.Onderlička, CSc. Ústřední výbor ČAS poděkoval Dr.S.Křížovi, CSc. a Prof.Dr.V.Vanýskovi, CSc. za jejich dosavadní práci. Do předsednictva historické sekce ČAS byl kooptován Prof.O.Hlad, do redakčního kruhu Kosmických rozhledů byli kooptováni Dr.Jiří Bouška, CSc., Zdeněk Pokorný, prom. fyz. a Zdeněk Mikulášek, prom. fyz.

Z místa tajemníka sekretariátu ČAS odešel v listopadu 1973 Dr.Z.Horský, CSc. Na jeho místo nastoupila od 1.1.1974 Olga Pluhařová, na místo hospodářsko-správní pracovnice v sekretariátu ČAS Helena Mráčková, rovněž od 1.1.1974.

Z.Horský

VESMÍR SE DIVÍ

Kohoutkovo kometárium 1973 f

Příslušné instituce nezapomínaly na bobularizaci.

"Každou sobotu a neděli je na pořadu pásmo "Kometa se plíží"

Z programu pražského Planetária,
Lidová demokracie, 16.9.1973

"Velká kometa na cestě.
Je to ona kometa, objevená před asi půlrokem Japoncem Kohoutkem a nesoucí objevitelovo jméno, jež přijde do takové blízkosti Země a Slunce, že dosáhne jasnosti, kterou předčí jen Slunce a Měsíc. Ale nemějte strach, časy, kdy komety věštily bouře, utrpení, smrt a jiné nepříjemnosti, jsou za námi. Kohoutek není pro lidstvo vůbec nebezpečný".

Dagens Nyheter, 1.10.1973

Spíše šikmo dopadlý pohled do naučného slovníku

"Vo väčšej vzdialenosti od Slnka sú kométy malinké hviezdy, ktorých priemer neprekračuje 100 km ... jadro obopína slabá plynová vrstva - koma (sférická odchylka šikmo dopadajúcich lúčov - pozn. red. VÝBER)."

Výber 49/1973, str. 17

(... a jádro je tmavší dřevo ve středu kmene, např. u dubu - pozn. red. KR)

Kometární prázdnota

"Potom, jakmile ji sluneční záření dostatečně rozehřeje, vytváří se obrovský oblak rychle se rozpínajících plynů, z nichž část,tzv. sluneční vítr, zatlačí opačným směrem. Tak vznikne obrovský ohon komety, v němž jedna molekula je od druhé vzdálena na milion kilometrů."

Lidová demokracie, 7.7.1973

"18. prosince protne dráhu Merkura, její dráha se začne silně zakřivovat, a kometa poletí téměř do jeho žhavé náruče."

Svět práce, 17.10.1973

Dříve metly lidstva - dnes big business

"Comet Kohoutek Ltd.
Dva londýnští byznysmeni přišli s báječným nápadem zaregistrovat jméno Kohoutkova kometa pro obchodní účely. Firma Comet Kohoutek Limited nyní jedná s řadou celonárodních inserentů v Británii, kteří hodlají využít komety k propagaci rozmanitého zboží jako jsou třeba hračky nebo ohňostroje. Mluvčí nové firmy tento týden prohlá-

sil, že jeden celostátní deník již uzavřel s Comet Kohoutek Ltd. smlouvu o používání tohoto názvu, ale že zatím nemůže sdělit podrobnosti, dokud dohoda nevstoupí v platnost. Příslušníci vědecké a novinářské obce si nepochybně oddechnou, když se dozvědí, že smějí užívat názvu kometa Kohoutek při popisu úkazu, aniž by se vystavovali nebezpečí ze soudního řízení; jinak však kdokoliv se sídlem v Británii, jenž chce vrhnout na trh, řekněme, nový drink s názvem 'Kohoutek - šum a říz', musí zaplatit za tuto výsadu. Adresa firmy Comet Kohoutek Ltd. je 11 Ranmore Court, Catherine Road, Surbiton, Surrey, KT6 4HE."

Nature 246 (Nov.9, 1973), No 5428, 57.
překlad -jg-

Důvěřuj, ale prověřuj!

"Kohoutkova kometa se k nám vrátí až po osmdesáti letech, jak to propočítali astronomové."

Večerní Praha, 8.2.1974

Asociace nad kometou

Literární revue
Jak kometa je většina všech revuí:
Ohlášeny předem, slavně se nám zjeví,
zazáří obzorem ve vybledlé kráse,
způsobí rozruch a pak zmizí zase.
Kam zapadnou - se neví.

Závazek
Závazek mnohý ve svém jase
kometě rovněž podobá se:
Hovoří se o něm předem měsíce
a jeho jas a sláva stoupá výš a výš.
Když však ve skutek má změnit se,
pouhým jej okem vůbec nespatříš.

Pozoroval, propočítal a zaznamenal JAROSLAV (Dikobraz)

Obituary notice

Doc.PhDr. Bohumil Hacar, český astronom, zemřel po krátké nemoci v Prostějově dne 9. března 1974 ve věku 88 roků. Narodil se 9. února 1886 v Praze.

Středoškolská studia absolvoval na gymnasiu v Kroměříži. Po maturitě studoval na Universitě Karlově v Praze a na universitě ve Vídni. Na základě disertační práce z oboru permutačních grup byl v roce 1911 promován na doktora filosofie. V období mezi dvěma světovými válkami působil jako středoškolský profesor matematiky a fyziky na gymnasiích, od roku 1948 jako docent na obnovené Universitě Palackého v Olomouci. Doc. Hacar vědecky pracoval v oboru proměnných hvězd a v teorii vyučování astronomii. Práce o proměnných hvězdách publikoval zprvu ve výročních zprávách gymnasia v Prostějově a ve věstníku Přírodovědeckého klubu, později v Acta Academiae Scientiarum Naturalium Moravo-Silesiacae (Brno) a v Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Pro studenty napsal vysokoškolská skripta Astronomie (1952, 1955) a Metodika vyučování astro-

nomii (1955). V roce 1963 vydalo Státní pedagogické nakladatelství v Praze Hacarovu vysokoškolskou učebnici Úvod do obecné astronomie (511 stran, v češtině). Kromě toho je autorem dvou menších publikací, týkajících se základů nebeské mechaniky. Seznam vědeckých prací doc. Dr. B.Hacara byl otištěn v r. 1971 v článku, věnovaném 85. výročí narozenin (Acta Universitatis Palackianae Olomucensis - Facultas Rerum Naturalium, 33, str. 249 - 252). Na přírodovědecké fakultě University Palackého v Olomouci konal přednášky z obecné fyziky, astronomie a didaktiky astronomie až do roku 1958.

Velmi záslužná je popularizační činnost doc. Hacara, významné jsou také jeho příspěvky z oboru teorie vyučování astronomii, které publikoval v časopisech Přírodní vědy ve škole, Fyzika ve škole a Matematika a fyzika ve škole. Za své zásluhy o rozvoj československé astronomie byl v roce 1966 zvolen čestným členem Československé astronomické společnosti při Československé akademii věd v Praze a u příležitosti 80. narozenin byla mu rektorem University Palackého v Olomouci udělena pamětní medaile. Kolegové a studenti zachovají památku doc. PhDr. Bohumila Hacara jako člověka přímého srdečného a čestného, který dovedl být i veselým společníkem při mimopracovních setkáních.

J.Široký

Oprava

V obsahu ročníku 1973 je chyba v titulu článku na str. 130. Místo Teorie hvězdné stavby II. pokr. má být správně Vývoj hvězdy od hlavní posloupnosti do oblasti obrů.

Redakce

Tyto zprávy rozmnožuje pro svou vnitřní potřabu 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, S.Kříž, P.Lála, Z.Mikulášek, E.Pittich, Z.Pokorný.
Technická spolupráce: O.Pluhařová, H.Kellnerová.

Příspěvky zasílejte na výše uvedenou adresu sekretariátu ČAS. Uzávěrka tohoto čísla byla 20.1.1974.

ÚVTEI - 72113