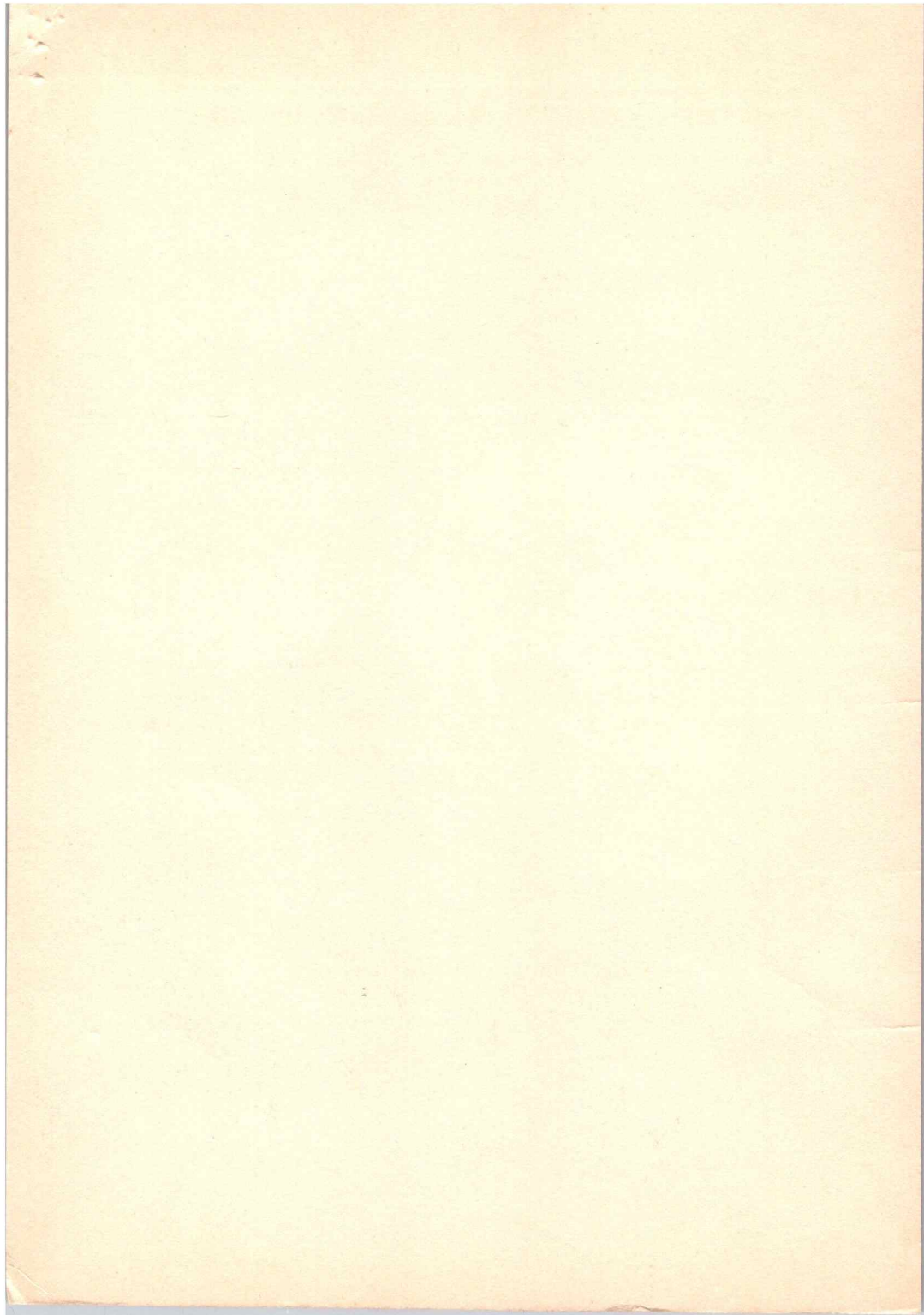




KOSMICKÉ ROZHLEDY

NEPERIODICKÝ VĚSTNÍK ČESKOSLOVENSKÉ ASTRONOMICKÉ SPOLEČNOSTI PŘI ČSAV

4/1974



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

ročník 1974

číslo 4

Diskuse s prof. Z. Kopalem na AÚ MFF KU, konaná dne 14.5.1974

Lála: My bychom využili té příležitosti Vašeho pobytu tady a udělali bychom rozhovor pro Kosmické rozhledy, časopis Astronomické společnosti. První otázka je: Říká se pomalu, co český astronom, to autor katalogu nebo slovníku, viz např. Bečvář, Bumba, Kopal, Kohoutek, Perek, Kleczek, Vanýsek, Ruprecht, Růkl, Maršálková. Myslíte si, že je to skutečně trvalý rys naší astronomie a čím je to způsobeno?

Kopal: Domníval bych se, že tento rys je trvalý a je dán tím, že náš národ je pracovitější nad jiné národy podobné lidnatosti. Jelikož alespon donedávna jsme neměli přístup k velkým dalekohledům nebo tedy pomocným přístrojům, které jsou zapotřebí k tomu, abychom zůstali na vedoucím místě pozorovací astronomie, jednou z činností záslužných, které se hvězdáři mohou věnovat i bez takových prostředků, je zpracování pozorování vykonaných jinde a přístupných ve formě základních katalogů nebo jiných pomůcek. Kdyby Českoslovenští hvězdáři byli svými sklony línější, tať to dělat nebudou, a svět by se také nezbořil. Totiž jistě to usnadňuje práci jiným, ale to usnadňování je vlastně taková mezinárodní dobročinnost. Je to jedna z možností, jak udělat záslužný kus práce s prostředky skromnými, které jsou doma k dispozici, a tím tedy v mnohých případech udělat opravdovou díru do světa. Bečvářův atlas byl jedním z takových stěžejních bodů světové literatury za posledních 25 let - dílo, které doba nutně potřebovala. To, co Toník udělal, byl vynikající přínos; a jméno Bečvář je dnes jedno z nejznámějších jmen české astronomie po celém světě. Málokdo ho znal nebo viděl osobně, ale jeho jméno je household word - dovolíte mně, abych do toho tu a tam promíslil angličtinu, když mi ten český výraz právě nepřijde na jazyk - po celém světě. Soudil bych, že ze jmen hvězdářů, kteří pracovali v našich vlastech, je to nejznámější jméno po Keplerovi. A za jednu ze svých vlastních skromných zásluh si počítám fakt, že jsem kdysi Toníkovi k tomu dal popud. V poválečných letech, kdy on potřeboval k tomu prameny, jsem mu je zaopatřil. Na to si dal Toník říci; ale na mapu Měsíce si říci nedal, ačkoliv jsme to zkoušeli všelijak; ta čekala až na druhého Toníka (Růkla). Z důvodů, které mně nejsou jasné, měl proti Měsíci Toník Bečvář nějakou aversi; do toho se pustit nechtěl. Pokud jde o ostatní katalogy - ten poslední, co vydala paní Maršálková, představuje rovněž velmi záslužný kus práce, který je už dnes velmi ceněn a nám píše o jeho zvláštní otisky z celého světa. Představuje opravdu kus mravenčí, pilné a svědomité práce, jíž si československá astronomie hájí světové jméno.

Lála: Potom jsme se chtěli zeptat na to, že astronomie se během Vaší vědecké dráhy neobyčejně změnila. Který obor považujete nyní v současnosti za nejperspektivnější?

Kopal: Na to je opravdu těžko odpovědět objektivně. Každý by rád odpověděl podle toho, na kterém předmětu je sám prací zúčastněn v současné době. Já bych se domníval, že jedním z takových velikých přínosů speciálně posledních pár let - 4 až 5 let - byl úplně jiný průhled na vznik a vývoj celé sluneční soustavy, včetně soustavy Země-Měsíc a všech ostatních těles. Co se v tomto oboru dnes dovídáme novými prostředky, jsou úplně zázraky. A nejn že se dovidáme detaily nebo že dneska můžeme mapovat povrch Merkuru stejně jako povrch Měsíce - Toníku (Rükl), to na Tebe čeká, první mapy Merkura by možná zase měly nést Tvoje autorské jméno, poněvadž nevím, kdo by se do toho pustil podobným způsobem v cizině. Mapy Merkura, Marta, Měsíce jsou důležité pomůcky, ale samy o sobě toho tolik přímo neříkají. Co jsme se však dověděli o chemickém, mineralogickém složení Měsíce, co se dnes dovídáme o složení jiných měsíců, to jsou převratné věci, vrhající úplně jiné světlo na celý problém tvorby planetárních soustav. Je to důležitá kapitola moderní astronomie a jedna, v níž nové poznatky, získané velmi dramatickým způsobem, úplně obrátily předmět naruby. Kdybyste dnes vzali do ruky knihu psanou o sluneční soustavě před deseti nebo patnácti lety - jako kdybyste četli text napsaný po latinsky ve středověku. Výzkum pomocí prostorových sond nám ukázal, že co dřívější pozorovatelé Venuše i Merkura nebo Marta lovili v mezích pozorovacích chyb, bylo ještě úplně bájesloví. Za posledních deset let se teprve plně ukázalo, oč je výhodnější se dostat do blízkosti nebeských těles i s malými dalekohledy (nebo kamerami) než je pozorovat i velkými dalekohledy ze Země - jedním z hlavních důvodů, proč tomu tak je, je ovšem naše ovzduší.

Druhým významným vývojem astronomických technik, když mluvíme o pozorovacích výsledcích za posledních 10 let, bylo vyvinutí fotodetektorů, které nám umožňují pozorovat objekty řádově desetkrát až stokrát slabší než předtím. Hlavním přínosem pozorovací astronomie za posledních 20-30 let nebylo ani tak vybudování velkých dalekohledů, jako daleko lepší využití světla soustředěného v jejich ohniscích pomocnými přístroji. 200 palcový dalekohled sám o sobě nám nepřinesl ani zdaleka tolik nových možností, jako vyvinutí fotonásobičů, televizních snímacích elektronek pro astronomii, Fabry-Perotových etalonů a jim podobných přístrojů. A pozemské pozorovací prostředky nám nedaly ani zdaleka tolik, co jsme se dověděli z raket a satelitů posledních 5-10 let. Díky všem těmto novým technikám astronomie se poprvé stává vsuktu integrální částí technické fyziky. Víte, hvězdáři odjakživa žili trochu osaměle opodál hlavního proudu fyzikálních výzkumů a trochu si v tom libovali, na škodu svou vlastní i svého předmětu. Když jsem jako mladík učil na MIT, mým šéfem oddělení byl profesor Hazen. Sotva jste o něm slyšeli, byl to elektrotechnický inženýr, který pamatoval doby, kdy se rodil 200-palcový dalekohled. On tenkrát byl v 20. letech tohoto století asistentem Vannevara Bushe. George Elley Hale, velmi pokrokový muž a šéf 200-palcového projektoru, tenkrát požádal Bushe (který byl tenkrát jeden z vedoucích inženýrů Spojených států), aby jim navrhl montáž a kontrolu projektovaného dalekohledu. A Bush požádal tenkrát mladička Harolda Hazena, aby obešel přední světové hvězdárny, zjistil, jak astronomové montují dalekohledy a jak je řídí. A ten report mně Harold ukázal v pozdějších letech: byl to zdrcující odsudek. Řekl tam, Bush to poslal dál a

Hale to přijal, že pokud se týče technik montování a řízení dalekohledů, astronomové 20. let byli ještě sto let za opicemi. Důvody toho byly vcelku jasné. Tradičně, když hvězdář nebo jeho ústav získal peníze za instrumentální rozvoj, věnovalo se co se mohlo na optiku co možná největšího průměru. Montáž udělali co nejjednodušší; na té se šetřilo. O nějakém automatickém řízení nebylo ani řeči, poněvadž se soudilo, že hvězdář si to musí u okuláru prostě odedřít. O nějakých servomechanismech, které už tenkrát byly známy, bylo kacířstvím mluvit - to bylo jako mluvit před nebožtíkem profesorem Heinrichem o astrofyzice. A v takovém stavu byla instrumentální astronomie v dobách našeho mládí! 200-palcový dalekohled byl první, který vytěžil z moderních poznatků rozvoje inženýrství, pokud se týče montáže a řízení. Hvězdář, který ho používal až od 1948, strávil daleko méně času hledáním objektu a jinou rutinní prací. 200-palcový dalekohled a 48-palcový Schmidt byly první dalekohledy, které byly řízeny profesionálně - kde hvězdář, který s nimi pracoval, neměl mnoho co společného s provozem dalekohledu. Dal svůj program technikům, kteří ten přístroj měli ve službě, a oni obstarali všechno potřebné, takže se pozorovatel sám mohl plně věnovat své vlastní práci a obsluze svých vlastních pomocných přístrojů v ohniskové rovině. Dnešní pozorovací astronomie je značně usnadněna moderním vývojem techniky a taky dělbou práce. Dnešní pozorovatel velkým dalekohledem - jistě je tomu tak i na Ondřejově - má řadu pomocníků. A z toho potom dostáváme veliké výsledky. Byl to moc hodný člověk ten Harold Hazen; myslím, že je ještě živ a jeho dcera si později vzala astronoma (Dr. Lilley). Ale na obrázku vám ho ukázat nemohu. Byl to znamenitý změn.

Lála: Já bych navázal na to, co jste teď říkal o změně stylu práce v astronomii, že se přibližuje k teoretické fyzice a nakonec i k technice. Co považujete za výhodnější při studiu astronomie: jestli tedy specializované studium astronomie nebo potom výběr těch pracovníků z fyziků nebo inženýrů.

Kopal: Domnívám se, že v dnešním stavu naší vědy není vhodné studovat astronomii jakožto undergraduate subject od prvního roku vysokoškolského studia. Na universitách, kde se ještě takto studuje, je astronomie do veliké míry popisný předmět - zejména v prvních letech, kde se předkládají fakta a studentovým hlavním úkolem je si tato fakta zapamatovat. Ale to není nejlepší způsob, jak studenta naučit metodám vědecké práce. Proto taky na dosti universitách, které znám, je undergraduate astronomy pokládána za lehký předmět, v němž je snadné dostat dobrou známku. To přitahuje někdy sice studenty, ale ne takové, o něž nám jde. Já jsem přesvědčen - naše zkušenosti z Manchesteru za poslední čtvrtstoletí to plně potvrzují, že nejlepší žáky máme ze studentů, kteří v tom undergraduate cours byli buďto fyziky, pokud mají sklon k experimentální, pozorovací astronomii - nebo matematiky či teoretickými fyziky, pokud mají sklon k teorii. Odjakživa se říká, co se v mládí naučíš, v stáří jako když najdeš; a čas, kdy se člověk má učit ty podstatné věci, které potom potřebuje, je v letech před diplomovou prací. A čím lépe je student vybaven matematikou nebo teoretickou fyzikou, tím bude lepším teoretikem; poněvadž astronomická fakta, která potřebuje vědět a do nichž se pak zakusne vědecky, ta se naučí po diplomu. A pakli chce být pozorovatelem, experimentátorem, novátorem v pozorovacích metodách, potom potřebuje znát především optiku a elektroniku - obory, které nabývají pravidelně částí astronomického curricula. Dnes v Anglii pouze 2 nebo 3 university ještě udělují bachelors' degree in astronomy: je to Londýn a skotské university. Na všech ostatních, včetně naší v Manchesteru,

se astronomie studuje jako pokročilé studium. Do něho přijímáme studenty již s diplomem a kteří potom studují na masters' degree nebo na doktorát. Je málc škol, kde se astronomie jako undergraduate subject udržuje ještě na úrovni. Jednou z nich je Harvard; a těch ostatních je jenom několik na celém světě. Svým kolegům v Československu bych doporučil, aby postupně koncentrovali svoje síly na výchovu pokročilých studentů a přispěli svou hřívnou mladším studentům poněkud jinak, než se to dělalo dosud. Astronomie má mnoho co říci studentům průřezných oborů. Je to část lidské kultury. A v Americe je typickým zjevem, že kursy o astronomii, takové - neřekl bych populární, ale přístupné oborům, řekněme fyzikům, chemikům i geologům, biologům a podobně, mají velký ohlas. Když je dobrý učitel, takové kursy mívají stovky posluchačů. A to je jeden způsob, jímž vysokoškolští docenti astronomie mohou přispět tomu, že i studenti jiných oborů nabydou poněti o naší vědě a že vzbudí mezi nimi zájem. Astronomie je dále předmět, který má veliký ohlas ve veřejnosti. Kterápak jiná věda má za sebou tak velikou amatérskou obec? Zájemců, a často vážných zájemců? Ani matematika ani fyzika žádně takové amatérské pozadí nemají. Astronomie je v tomto směru jedinečná. A to by se taky mělo podporovat na universitě kursy, určenými pro větší počet posluchačů z různých oborů, spíše než vzdělávat elementární astronomii malé skupinky 6-8-12 studentů, kteří potom z toho budou dělat zkoušky.

Růkl: Já bych měl takový dotaz, pane profesore: Když se připravovalo Apollo a jiné projekty pro přímý výzkum Měsíce, případně sousedních planet sluneční soustavy, tak se to často motivovalo, případně tedy zdůvodňovalo veřejnosti tím, že vědci v tom očekávají odpovědi na otázky týkající se původu Měsíce, zejména pak původu Země a snad i celé sluneční soustavy. Když tyto základní projekty, zejména Apollo, skončily, objevily se v tomto smyslu spíš takové pesimistické zprávy, to jest snad že jsme se toho nedozvěděli tolik, co se očekávalo. Mohl byste shrnout, tak v několika větách, co tedy nového jsme se dověděli o původu, případně vývoji Měsíce, Země a případně celé sluneční soustavy?

Kopal: Rád Ti, Toníčku, řeknu, co vím, ale pouze v několika větách by to nešlo. Abych na to odpověděl, rád bych zdůraznil, že na Žebřík se leze zdola; a že dříve než můžeme nových poznatků nabýt, musíme vědět, po čem se ptát.

Jako vždy, nejzajímavější jsou věci nečekané. Pokud Měsíce se týče, hlavní bylo, že jsme tam našli celou kroniku své dávné minulosti, z níž na naší Zemi nezůstalo ani stopy. Nejstarší pozemské nerosty nejdou více než 3,6 miliard let do minulosti; zatímco radiometrický věk nejstarších meteorů dosahuje 4,6 miliardy let. Ta miliarda let mezi nimi - to byl až donedávna skutečný "temný dávnověk" sluneční soustavy, o němž jsme nevěděli takřka nic - až do roku 1969, kdy se Apollo 11 vrátil z Měsíce s první zni měsíčních hornin. V nich jsme našli kroniku této báječné doby; tam jsme našli neklamné stopy toho, co se ve sluneční soustavě odehrávalo. Nejen během té první miliardy let, ale během prvních kritických milionů let, kdy sluneční soustava vznikala. Na Měsíci jsme našli stopy úkazů, pocházejících z dob, když Slunce ještě nebylo hvězdou hlavní posloupnosti. V měsíčních nerostech z té doby jsme našli v jejich krystalové mřížce stopy staré miliardy let. Zatím však ještě nevíme, kde měsíční horniny utuhly. Bylo to na Měsíci a nebo ve stavu předměsíčním? Z jaké hmoty se Měsíc rodil? Jak se fázově zařazuje Měsíc a hmota tvořící jeho povrch se vznikem ostatních těles sluneční soustavy? Předcházel Měsíc Zemi, zrodil se po ní, nebo

se zrodily současně? Jak vznikaly satelity jiných planet, například Marta? Máme důvodné podezření, že Martovy satelity byly zachyceny Martem v době, kdy Mars ještě nebyl hotový, kdy sám se teprve tvořil. Alespon zdá se takřka nemožné zachycení Phobose a Deimose jakýmkoliv způsobem v dobách, kdy Mars byl víceméně v té podobě, jak jej známe dnes. Mars byl možná ještě meteorickým shlukem v dobách, kdy ty satelity - zřejmě bývalé asteroidy - do něho vjely a z důvodů kinetické energie neklesly ke středu, ale zůstaly v oběhu kolem něho. Toto se ovšem nemohlo stát s naším Měsícem, ale se satelity malých hmot. Fakt, že Venuše má tak anomální polohu své rotační osy, i že se otáčí tak pomalu, ukazuje rovněž na zásah "třetí ruky" - jiného tělesa sluneční soustavy, jež jsme od té doby ztratili (možná jako důsledek právě této události). Čím dále tím jasněji se nám jeví, že sluneční soustava, jak ji známe dnes, je pouhým torsem, jež z ní zbylo po 4 1/2 miliardách let a více než 20 oběžích kolem galaktického středu. Souhrnná hmota původní těles obíhajících tenkrát kolem Slunce byla možná řádově desetkrát větší než je tomu dnes; a poztráceli jsme ji postupem času podobně, jako ztrácíme komety i dnes.

Informace o Venušinyých pohybových anomáliích byly příspěvkem radarové astronomie planet v minulém desetiletí. Jiný radarový zážrak, jehož jsme se dočkali, bylo mapování povrchu Venušina, který na kratších vlnových délkách nám zůstává stále zakryt clonou mraků. S jeho přesností to není ještě tak daleko, Toničku, abys tam mohl začít mapovat jednotlivé krátery; ale mnoho k tomu neschází. Případ Merkurův je dnes - po Marineru 10 z jara tohoto roku již naprosto jasný; a nejen známe detaily jeho povrchu, posetého nesčetnými krátery, než jsme znali svůj Měsíc před rokem 1960; nýbrž nádvakem toho víme i daleko více - at se to týká magnetického pole planety, teplot na jejím povrchu či jeho radioaktivitu.

Souhrn všech těchto detailních informací má ještě jiný význam. Vede totiž nevyhnutelně k dělbě práce mezi odborníky různých příbuzných oborů - at je to radiofyzika, chemie či geologie. Astronomie sama o sobě všechny nové pozorované zjevy nevyloží - k tomu potřebuje spolupráce jiných - ale ke konečným řešením nelze dojít bez nás. Moderní astronomie - daleko více než v dobách minulých, působí jako katalyzátor tím, že svádí dohromady na společném pracovišti kolegy z přemnoha oborů; a čím dříve a čím lépe si všichni porozumíme, tím lépe pro další pokroky vědy.

Příhoda: Mám jenom několik detailních otázek, ale myslím, že by stálo za to je objasnit. Ukazuje se, zejména teď po průzkumu Merkura, že měsíční mare jsou spíš výjimkou než pravidlem. A není jistě náhodou, že jsou soustředěna na přivrácené straně Měsíce, na straně obrácené k Zemi. Mne by zajímalo, zda soudíte, že moře vznikla až po vzniku vázané rotace Měsíce působením Země, nebo zda soustředění měsíčních moří na jedné polokouli existovalo už před vznikem vázané rotace a Měsíc se k Zemi natočil těmi moři snad proto, že zaujal takto stabilní polohu vůči Zemi. Zajímalo by mně, co o tom soudíte.

Kopal: To je velmi zajímavá otázka. Měsíční moře jsou úplná záhada - a to tím větší, čím o nich víc víme. Prvním z podstatných přínosů bylo určení stáří mareálních čedičů. Když jsme dostali do rukou první nerost z Měsíce a byl určen jeho věk, tak se zjistilo, že tyto čediče jsou věku asi 3,3-4,1 miliard let. O absolutní hodnoty ani tak nejde; podstatné je, že jsou od sebe různé. Čili vznik moří byla sekvence zjevů, které následovaly jeden po druhém v časovém rozmezí několika set milionů let. Jaký byl mechanismus

toho vzniku? Dnes je všeobecně přijímán názor, že moře - zejména kruhová moře, byla způsobena dopady asteroidických těles, která tam vyhloubila prohlubně, jež byly později zaplněny basaltem. Od doby, kdy se nám otevřela odvrácená strana Měsíce a zejména od letu Apollona 15., kdy jsme poprvé dostali do rukou laserové profily měsíčního tvaru, je jasné, že prohlubně na Měsíci jsou také na odvrácené straně, ale chybí jim čedičová náplň. Proč tomu tak je? Řekněme si, že na Měsíc dopadne těleso, jehož dopad by mohl vytvořit kráter o průměru 800 - 1000 km, jako je Mare Imbrium nebo Orientale. Mechanismus toho procesu je stejný jako u menších kráterů, čili zhruba víme, jak by takový kráter měl být též hluboký. Kdybychom nechali na Měsíc dopadnout těleso, které by způsobilo jizvu o průměru 800 km, pak by ta jizva měla být rádové asi 100 km hluboká. Čekali bychom, že povrch moří se bude odchylovat od koule nebo od příslušného rovňovážného tvaru asi o 100 km. Fakt je, že takové prohlubně - ať jsou vyplněny basaltem nebo ne - nejsou ani zdaleka tak hluboké. Naopak; takové Mare Imbrium je velmi mělký útvar: basaltová náplň není hlubší než nějakých 1000 metrů v nejhlubších částech. Většinou je mělká. To víme z rozměrů jejich ghost craterů - jak se říká, Toničku, po česku ghost crater?

Růkl: "Duchový" kráter.

Kopal: Potopený kráter. Mám s sebou, Toničku, pěkné obrázky takových útvarů, které jste ještě neviděli, ale já je do Planetária přinesu. Známe-li průměr takových duchů, můžeme podle normálních předpokladů z průměru odvodit hloubku. A je zřídka víc než ten 1 kilometr. Čili že rovina, která byla zalita basaltem, je pokryta přelivem zcela mělkým. A co je ještě zajímavější - roviny, některých moří nejsou vodorovné, nýbrž nakloněny k těžnici. To bych dovedl vysvětlit jenom tak, že ta láva tekla proudem velmi tenkým a že její sklon k těžnici je určen sklonem terénu, po němž láva tekla. Že to není jezero, které by kdy bylo mělo svou vlastní hladinu, v níž by bylo utuhlo. Ty by musely být vodorovné, a ne nakloněné k těžnici. A zadruhé - je-li tomu tak, jak se mohlo stát, že se původní prohluben (která při dopadu by měla být asi 100 kilometrů hluboká) vyplnila? Isostaticky? Sotva, pakli přežily v těchto místech maskony. Do nedávna se též zdálo takřka samozřejmě, že čedičová náplň následovala bezprostředně původní dopad; a nezbytné ke vzniku lavy se hledalo v přeměně kinetické energie v energii tepelnou. Ale nyní se začíná jevit, že mezi tím dopadem a mezi náplní prohlubně tak vzniklé byl časový rozdíl a že basaltová náplň vznikla až později, v různých intervalech, a je původu vnitřního. Důvody pro tento názor nám dodala geochemie. Ukázalo se totiž, že datujeme-li dopady větších nebeských těles na Měsíc podle radioaktivního stáří brekcií, pak se tyto dopady udály mezi 4,2 miliardami let pro Mare Nectaris, a 3,85 miliardami let pro Mare Orientale (stáří dopadu, jenž dal vznik Mare Imbrium, se odhaduje na 4,0 miliard let), zatímco radioaktivní stáří jejich čedičových náplní se pohybuje mezi 3,2 - 3,7 miliardami let. Teplo, které tyto čediče tenkrát roztavilo, bylo zcela možná vnitřního původu. Astronomům, kteří se vždy snaží vyložit pozorované zjevy co nejjednodušeji, to není milé, neboť se jedná o ptáky, co způsobilo teplo, které se původním dopadem nezbytně muselo uvolnit; a dále, co způsobilo maskony - dopad sám nebo něco jiného. A co zarovnálo původní prohlubně, když pozdější přeliv byl tak mělký? Vidíte, co je tu ještě nezodpověděných otázek!

A jiná, která se týká především astronomů samotných: pakli

hlavní měsíční prohlubně (na obou stranách Měsíce!) vznikly tak mezi 3,9 - 4,2 miliardami let - tedy téměř půl miliardy let po jeho vzniku - kde se do té doby nebeská tělesa, o něž jde, potulovala v prostoru, než nakonec skončila (v poměrně malém časovém rozmezí) svou nebeskou dráhu na měsíčním povrchu? A proč převážně pouze prohlubně na přivrácené straně Měsíce si později zjednaly čedičovou náplň (přitažlivost naší Země je zcela nedostatečná, aby tuto nesouměrnost mohla uspokojivě vysvětlit - nejen dnes, nýbrž i před 3 - 4 miliardami let, kdy Měsíc a Země si byly nepochybně blíže). Vidíte, co vše ještě nedovedeme říct; a nevěřte nikomu, kdo vám bude říkat, že to již ví.

Horský: A jak je to s magnetickým polem našeho Měsíce?

Kopal: Měsíční magnetismus je složitý, ale (podle mého mínění) vcelku podřadný předmět v rámci celkových dějin celého Měsíce. Dipole field Měsíc nemá (v mezích pozorovacích chyb) - celkový magnetický moment Měsíce musí být menší než miliontina momentu naší Země, aby unikl dosavadním pozorováním. Zda tomu bylo tak i v minulosti, nemůžeme říci; ale je to nepravděpodobné.

Jednotlivé krystalické horniny (a zejména brekcie!) jeví neklamné stopy remanentního magnetismu o síle 10^2 - 10^3 gamma - což ukazuje na pole 50 - 500 krát slabší než dnešní pole naší Země v době, kdy tyto horniny utuhly z magmatu; ale 20 až 200 krát silnější než magnetická pole nesená dnešním slunečním větrem. Zda magnetické pole, v němž měsíční horniny utuhly, bylo způsobeno vnitřním "dynamem", jehož činnost později ustala, či intenzivnějším slunečním větrem - či mechanickými vlivy dopadů samotných - nemůžeme dosud spolehlivě rozlišit.

Příhoda: Ještě, pane profesore: věc, která souvisí s tím, co jste teď před chvílí řekl, je to menší stáří Země, tam se udává já nevím těch 3 1/2 miliard let. Já jsem se původně chtěl zeptat, jestli by se tady dalo vyložit spíš z hlediska globálního, že Země v té době jako celek nebyla utuhlá, nebo kdyby se jaksi přihlédlo k těm teoriím mobilismu a podobně, kdy se uvažuje ten pohyb těch plátů nebo jak se tomu říká, tak prostě tak, že neexistuje hornina, která by jaksi od té doby, kdy Země vznikla, což mohlo být taky těch 4,6 miliardy roků, nepřešla stadiem přetavení. To znamená, že to poslední přetavení

Kopal: Ano, to je správné. To, že na Zemi nemáme horniny starší než 3,6 miliard let, znamená pouze, že horniny starší byly přetaveny; a ty nejstarší, které už přetavení odolaly, vznikaly až před 3,6. Na Měsíci je to stejné. Na Měsíci ta stáří, která uvádíme, měří čas od posledního přetavení.

Příhoda: Netýká se to přímo Měsíce, ale souvisí to s tím, co bylo předtím řečeno. Je to v podstatě také detail. To zachycení měsíčků Marsu. V minulém roce se objevila práce - já jsem to četl jenom v Referativním žurnálu, neznám to detailně - vyšla práce, která uvádí, že k zachycení může dojít, když je těleso, které má být zachyceno, v periheliu. Pokud dříve byly dráhy planet výstřednější než dnes, a to se zdá pravděpodobné, uplatnil by se tento mechanismus zachycení spíše než dnes. Zajímalo by mne, jaký na to máte názor.

Kopal: Já myslím, že ten mechanismus, o němž mohlo jít, neměl s pozicí planety vůči Slunci nic společného. Předpokládáme, že asteroida projde blízkým průchodem k planetě už hotové. V tom případě každé takové přiblížení bude hyperbolické; a výsledkem bude hyperbolický oběh. Čím se přiblíží blíže, tím bude pohyb

rychlejší, jeho dráha ale bude vždycky hyperbola. Aby planeta si zachytila satelit, musí nějakým způsobem zničit část jeho pohybového momentu. A otázka je, jak to udělat? U soustavy Země-Měsíc se uvažovalo o slapech. Není to nikterak ošivdné, ale v mezích možnosti to je. Ale tato možnost je zcela vyloučena pro zachycení Phobose nebo Deimose, protože to jsou tělíška tak málo hmotná, že slapy, které vyvolají na Märtu, jsou zcela nevykonné pro tento účel a jsou tuze tuhá, aby Martovy slapy vůbec vyvolaly na ně jakýkoli účinek. Já myslím, že jedním z mála bodů, na kterém se jistě všichni shodneme i s geology, že ty krátery, které vidíme na povrchu Phobose, nejsou vulkanické, nýbrž dopadové. A teď řekněme, že se Phobos přiblížil k Märtu, což je pro asteroidu věc možná. Jak se stalo, že se zachytil? Jediná možnost - když vyloučíme slapy jako pro tento účel zcela nevykonné - by bylo resistenční prostředí. Tedy srážky s okolím planety, které by zničily část momentu a hrály úlohu zpětných raket. Atmosféra to být nemohla, poněvadž pro těleso takové velikosti a hmoty jako má Phobos a Deimos by atmosférický odpor byl zcela neznatelný - i kdybychom udělali atmosféru daleko hustší než je dnes. Tak jediná možnost může být představa, že v době, o níž je řeč, byl Mars sám ještě shlukem jednotlivých částic a těles, do nichž zatoulaná asteroida náhodou vletěla. V takovém případě by zmenšení momentu bylo dosaženo odporem přechetných dopadů a srážek s tělesy menšími; a tím mohlo dojít k změně dráhy plánetocentrickou. A bylo by velmi zajímavé zjistit, jaké částice způsobily tuto změnu; poněvadž z podobných částic roztla naše Země a patrně i Měsíc.

Andrle: Já bych se chtěl vrátit k tě Venuši a k těm anomáliím. Já si vzpomínám na jednu práci, co udělá družice při šikvých počátečních podmínkách s centrálním tělesem. Že může zpomalit rotaci, změnit rotaci na opačnou, že může případně uletět nebo se změnit v synchronní rotaci nebo obracet stále stejnou tvář v perihelu, v pericentru tedy, nebo konečně dopadnout na planetu. Nemohlo by to něco vysvětlit při šikvých zvolených podmínkách anomálie Venuše? Že nějaký takový satelit by třeba dopadl nebo uletěl nebo tak a napřed udělal tyto divy?

Kopal: Satelit by to byl mohl udělat jen v tom případě, kdyby jeho hmota byla srovnatelná s hmotou Venuše. A to by ovšem znamenalo druhou planetu. Vůbec tedy se zdá, že v době, kdy sluneční soustava vznikala, mohla mít naše soustava planet o mnoho více nejen terestrických, ale možná i velkých planet. A to, co z ní dnes vidíme, to jsou zbytky, které náhodným řízením si uchovaly (nebo měly od počátku) takové oběhové elementy, které je uchránily. Vyvarovaly-li se extravagancí, neobíhaly-li v dráhách tuze excentrických ani tuze skloněných k neměnné rovině, vyhýbaly se tak jedna druhé, zůstávaly daleko od sebe a tím přežily. Kdežto ty, které tak nečinily, zaplatily za to relegací - vypuzením ze sluneční soustavy, jako se dodnes často stává kometám.

Vůbec jedním z hlavních důvodů našich nesnází se všemi teoriemi o původu sluneční soustavy v dobách minulých bylo to, že jsme se snažili vysvětlit to, co vidíme dnes; a nemysleli jsme příliš na to, jak naše soustava mohla vypadat na počátku. Náš úkol byl pak stejně obtížný, jako kdybychom se snažili vysvětlit vznik dospělého člověka a zapomněli, že byl kdysi dítětem. Planetární soustavy se rovněž nerodí v hotovém stavu jako Ashena z hlavy Diory, nýbrž musí projít dětstvím i mládím, o jehož souvislém průběhu jsme se dověděli až na Měsíci od roku 1969.

Jaké mohly být podstatné rysy naší sluneční soustavy v době jejího zrodu? Není například vyloučeno, že planety jako naše

Země mohly být tenkrát stejně hmotné jako Jupiter. Dnes se ovšem tato dvě tělesa podstatně liší nejen hmotou, ale i chemickým složením - zatímco naše Země (a planety jí podobné) se skládají převážně z kyslíku, křemíku a železa - Jupiter se skládá hlavně z vodíku a helia - prvků, které tvoří dodnes převážnou část hmoty našeho Slunce.

A teď si představte, že bychom ze Slunce odsáli množství hmoty rovnající se Jupiteru, ale udrželi ji na teplotě, která by umožnila lehkým prvkům uniknout: vznikla by tím sedlina prvků těžších, složením i hmotou nijak se nelišící od naší Země! Jupiter (nebo Saturn) jsou proto tak hmotné, že mají mnoho vodíku a helia - a ne že by v nich bylo více křemíku či železa. Tak je docela možné (ač samozřejmě nikterak jisté), že všechny novorozené planety sluneční soustavy mohly si být podobné hmotou i jejím složením; a že jejich pozdější rozdíly vznikly tím, jak si svou hmotou dovedly udržet - čili v jakých podmínkách (např. blízko či daleko od Slunce) prožily své rané dětství, a jak rychle rostly (či spíše se zmenšovaly). Tak např. rychlé smršťování umožní vznik gravitačního pole, které úniku těkavých prvků může zamezit. Kdežto kdyby naše Země původně stejné hmoty a stejného složení jako Jupiter se smršťovala jen zvolna, těkavé prvky by mohly lépe uniknout z jejího gravitačního pole; a výsledek by mohla být sedlina křemíko-železitá hmoty naší Země. Není tedy vyloučeno, že ty rozdíly mezi velkými a terestrickými planetami je důsledek vývoje a stáří; a že tomu tak nebylo od počátku. To se zdá nejen možné, ale dokonce i pravděpodobné.

Vanýsek: Takže Země by se chovala podle Hayashiho, kdežto Jupiter by se choval v tom vývoji podle Larga.

Kopal: Zcela správně. Že Jupiter se ještě dnes smršťuje, víme z jeho anomálie tepelné; jeho povrch je totiž teplejší, než by měl být absorpcí slunečního světla. A to tedy možná ukazuje, že to smršťování, které bylo rychlé v minulosti, ještě pokračuje. Kdežto naši Zemi můžeme obvinít v současné době z různých věcí, ale ne ze smršťování.

Vanýsek: Já jsem se díval skutečně, jak ta situace vypadá s těmi kondenzáty i řekněme pokud jde o fondule nebo vůbec mezihvězdné hmoty, tak ty jsou všechny bohaté na kyslík. Prakticky všude se vyskytuje v těch sloučeninách kyslík, takže to by skutečně napovídalo tomu, že třeba Měsíc a to všechno musí být bohaté na kyslík. Lehčí kondenzáty.

Kopal: Já bych jenom rád, ne zdůraznil, ale nadhodil, že v době, kdy byly naposledy přetaveny horniny tvořící měsíční pevniny (nikoli moře!), kysličníky tam již byly! Okysličení jejich hmoty se nepochybně událo již v předplanetární minulosti; a tepelná metamorfosa, již tyto horniny jeví, může patřit do předměsíční minulosti. To by mohl vyvrátit mineralog, kdyby dokázal, že příslušná metamorfosa vznikla až v gravitačním poli našeho Měsíce; ale až dosud žádný takový důkaz podán nebyl.

Je ovšem možné, že tělesa, která se tvořila nakonec - nebo povrchy těchto těles - rostly z hmoty možná podstatně jiného složení než byla původní jádra kondenzátů nebo těles, která vznikala v první generaci. A do které generace Měsíc nebo tělesa zvicí Měsíce patří, to ještě dnes nevíme.

Vanýsek: Je to pratěleso nebo

Kopal: Urey hájil názor po dlouhou dobu, že je to pratěle-

so. Že je to tedy ten primární objekt, jak on tomu říkal, který vzniká před vznikem planet. Že tedy vznikal z té hmoty, která utuhla nejdřív. Že vzniká z hmoty pevné, je nevyhnutelné, poněvadž hmota plynná sama by nikdy neutvořila těleso jako Měsíc. A že to byla jedna z hmot, že vznikla už z pevného, že roste z pevné hmoty v době, kdy možná naše Země a Jupiter a jiné planety ještě byly plynové koule. Nebo tedy plynové koule ne, ale shluky. Shluky plynu a

Lála: Já se, pane profesore, obávám, že už zneužíváme Vaší laskavosti, už je to příliš dlouhé, já jsem se chtěl tedy zeptat ještě na jednu věc: my jsme tady mluvili už o všech planetách možných, ale nemluvílo se moc o Merkuru. Chtěl jsem se zeptat, já jsem tedy viděl asi dva snímky z toho Marineru - jak by se daly stručně charakterisovat jeho rozdíly od Měsíce. Jestli jsou tam - moře tam nejsou tedy, ale jestli jsou tam dejme tomu nějaké oblasti, které by mohly připomínat ty nezatopené mořské propadliny nebo něco takového a potom o magnetické poli Merkura.

Kopal: Já jsem výsledky Marineru 10 viděl v první týdnu v dubnu. Tenkrát nebyly ještě redukce pozorování ani zdaleka skončeny, ale dnes už toho bude známo více. Ale já vím, že moře tam nejsou ani zdaleka v takovém rozsahu, jako je vidíme na přívrácené straně Měsíce. Ale zdali tam jsou prohlubně nevyplněné (suchá moře), to zatím ještě nevíme. Možná, že to z daných výsledků půjde odvodit. Magnetické pole Merkur má, o síle asi 200 gama; tedy daleko silnější než Měsíc, ale ovšem daleko slabší než naše Země. Čili Merkur se i v tomto ohledu podobá daleko více Měsíci než naší Zemi.

Jednou z takových nejzajímavějších věcí, kterou nám Mariner 10 u Merkura objevil, je nadbytečná radioaktivita Merkurova povrchu: radiogenního helia je tam daleko víc (nejméně o jeden řád), než by bylo možno vysvětlit slunečním větrem nebo jinými způsoby, jako je kosmickým zářením a podobně. Ale nejen helia, ale taky argonu a xenonu je tam daleko více, než bychom očekávali, a z toho vysuzujeme, že povrch Merkurův je daleko radioaktivnější než povrch Země nebo Měsíce. A to je taky jeden z důležitých bodů, které se nám pozvolna rýsují na obzoru, a které vlastně dávají svědectví o původním Slunci. My víme, že na naší Zemi je radioaktivita soustředěna hlavně v povrchových vrstvách; poněvadž kdyby celá Země měla tolik uranu a thoria a jiných elementů tohoto druhu jako mají povrchové granity kůry, nechodili bychom po pevné Zemi. Že tomu tak není, to je pozorovaný fakt, jemuž žádný z nás nebude asi odporovat. Na Zemi je tedy radioaktivita soustředěna v povrchových vrstvách, pravděpodobně termální diferenciací zemské kůry. Od roku 1969 však víme, že na Měsíci je radioaktivita ještě více soustředěna na povrchu; a procesy, jimiž k tomu mohlo dojít na Zemi, tam nefungují. A též se zdá, že povrch Merkurův je ještě radioaktivnější než Měsíc!

Je-li tomu tak, zdá se, že původem toho všeho je opět naše Slunce - ne dnes, ale ve svém raném vývojovém stadiu, kdy planety vznikaly a Slunce (tenkrát zcela v konvekčním stavu) se ještě smršťovalo k hlavní posloupnosti. Tenkrát Slunce vysílalo daleko intenzivnější "sluneční vítr" než dnes, a podstatnou složkou tohoto větru byly neutrony. Pokropením planetárních povrchů jednotlivých planet neutronovým plynem ze Slunce mohlo tak dojít k poslednímu stadiu nukleogeneze, poněvadž jedině absorpce nukleonů může vést k tvoření jader tak těžkých jako uran nebo thorium. K rozhodnému

pokusu dojde, až se změní - doufejme příštího roku - radioaktivita povrchu Martova. Pakliže se Voyager vydaří, budeme vědět, jaká je radioaktivita na Martu; a bude-li jí tam podstatně méně než na Zemi nebo na Měsíci, nemluvě o Merkuru, bude to zřejmě známka, že její množství ubývá se vzrůstající vzdáleností od Slunce. To je jedna možnost; a doufám, že nebudeme čekat tuze dlouho na konečnou odpověď.

Lála : Při příležitosti Vašeho životního jubilea se objevila zpráva o počtu Vašich vědeckých prací a bylo jich opravdu hodně. Tak jestli se můžeme zeptat, jak to všechno stihnete, jak to děláte, jakého máte koníčka a podobně.

Kopal: Stihnout se to dá. Hlavní věc, co bych o tom řekl a co bych rád na pásku dal mladým pracovníkům, kteří jsou ochotni mým slovům naslouchat, je neztrácet čas. Byt si vědom od mládí, že čas je jediná komunita, která je nenahraditelná. A co zmeškáme dnes, už neuděláme zítra. "Neodkládej na zítřek, co můžeš učiniti dnes" je staré české pořekadlo věčně platné; a jako dobrou radu bych k němu dodal pro potřebu mladých pracovníků, aby si nikdy nedali od nikoho namluvit, že na to "mají ještě dost času". Žádný učený z nebe nespadá; a na každý žebřík se leze zdola; čím dříve začneme, tím výše vylezeme. Člověk si má být již od mládí vědom, že čas - na rozdíl od všeho ostatního - je jediná veličina, která je nenahraditelná; a promrhaný čas se nikdy nevrátí - a našto život bude mít svůj konec, který není v nedohlednu - kdo vám to může říct lépe než novopečený šedesátník?

Za jedinou zásluhu (je-li to zásluha) si možná mohu přičíst, že jsem maril času méně než jiní současníci - ale i to přijde samo od sebe; neboť jste-li si vědomi, jak zajímavé úkoly nás čekají, věnujete se jim sami od sebe spíše, než abyste šli do biografu nebo ztráceli čas jinou činností únikového rázu - a to proto, že nemůžete dělat jinak a cítit uspokojení. Člověk, jemuž příroda udělila úkol něco vykonat, je pouze loutkou v rukou větších sil než je on sám, které jím hrají, a řeknou vám samy včas a důsledně, co a kdy udělat - ať se vám to líbí nebo ne.

Ostatně i přes všechno, co se mi v životě zatím podařilo vykonat, nemohu se beze studu vydávat za člověka zvláště pracovitého. Kdysi před lety měl jsem příležitost vyslechnout několik poznámek na toto thema, které pronesl zesnulý profesor Georges Sarton - slavný historik věd a profesor Harvardské university u příležitosti své vlastní šedesátky, které bych Vám rád opákoval. Sarton sám byl tvůrcem velikých Dějin reálných věd - největšího díla svého druhu, které až dosud vyšlo z lidských rukou a které do své smrti dovedl jen do 14. století. Když mu jeho gratulanti blahopřáli k tomuto výkonu, Sarton citoval dvě epizody z historie věd, které dokládaly, že naši předchůdci byli daleko pracovitější.

Jedna se týkala mladého Bernoulliho ze slavné rodiny basi-lejských matematiků, jehož poslal jeho otec na vychování do Ženevy k Pictetovi (předku fyzika, jenž první zkapsalnil kyslík). Tenkrát nebyvalo ještě mnoho škol; a nadějně děti se posílaly na vychování k dobrým učitelům, aby na ně dohlédli. Ale Pictet zřejmě nepokládal mladého Bernoulliho za nadějného hochu; neboť takto psal jeho otcí v dopise, který se dodnes zachoval: "Milý pane, bo-ružel Vám musím sdělit, že z Vašeho syna nebude patrně nic kloudného. Přes všechny moje připomínky odmítá pracovat více než 13 hodin denně; a nemohu mu vtlouci do hlavy, že mladý vědec musí svou lampu ráno rozsvítit o mnoho dříve než řemeslník". A to byl posudek