

NEPERIODICKÝ VĚSTNÍK ČESKOSLOVENSKÉ ASTRONOMICKÉ SPOLEČNOSTI PŘI ČSAV



**KOSMICKÉ  
ROZHLEDY**

ROČNÍK 23 (1985) ČÍSLO 2



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

ročník 23 (1985)

číslo 2

Rozhovor pro Kosmické rozhledy s členem korespondentem

ČSAV M. Kopeckým z AsÚ ČSAV

1. Jaké je současné postavení astronomie v oblasti poznání a společenské praxi?

Astronomie a astrofyzika jsou neoddělitelnou součástí celého komplexu přírodních věd, celé přírodovědy. Z toho také vyplývá vztah astronomie a astrofyziky k ostatním přírodovědním oborům, k jejich výsledkům a k jejich poznávacímu procesu.

Astronomie a astrofyzika ve svém poznávacím procesu využívají poznatků a metod ostatních přírodních věd, především nejruznějších oblastí fyziky (Fyzika plazmatu, elementárních částic, radiofyziky, relativistické fyziky atd.), ale i geofyziky, geodezie a pod.

Naproti tomu ostatní oblasti přírodovědy využívají poznatků astronomie a astrofyziky pro svůj vlastní rozvoj, a to až již přímo, kdy vycházejí z poznatků našich oborů, nebo kdy určité objevy astronomie, a v současné době především astrofyziky, nebo rozvoj určité oblasti astronomie a astrofyziky se stávají impulsem pro rozvoj některé oblasti ostatní přírodovědy. Jako příklad můžeme uvést třeba současnou kosmologii nebo relativistickou astrofyziku, jejichž význam pro současnou fyziku je nepopíratelný. Často pak dochází ke vzniku vlastně nové hraniční oblasti mezi astronomií nebo astrofyzikou a jinou vědní oblastí, kde už konec konců lze těžko říci, zda tato oblast je oblastí astronomie nebo jiného vědního oboru. Tak je tomu vlastně u již vzpomenuté relativistické astrofyziky nebo kosmologie, ale i u fyziky vztahů Slunce-Země u studia vysokých vrstev zemské atmosféry pomocí drah umělých družic Země, kosmické geodezie a pod.

Astronomie a astrofyzika se tedy rozvíjejí jako neodlučitelná součást přírodovědy. A tak jak nemůže astronomie a astrofyzika existovat bez celé přírodovědy, nemohou přírodní vědy existovat bez astronomie a astrofyziky. Rozvoj poznání v oblasti astronomie a astrofyziky je organickou součástí roz-

voje poznání celé přírodovědy.

Pokud se týká významu astronomie a astrofyziky pro společenskou praxi, je třeba především zdůraznit, že uplatnění astronomických poznatků ve společenské praxi probíhá v podstatě dvěma cestami.

První z nich je, abychom tak řekli, přímá cesta. Zde se jedná o poznatky nebo oblasti výzkumu, jejichž dopad ve společenské praxi je nablíže. Tak je to např. oblast vlivů sluneční činnosti na procesy probíhající na Zemi a s tím související problematika prognóz sluneční činnosti. Je to oblast určování, konservace a distribuce přesného času. Značný bezprostřední význam pro společenskou praxi má přesné určování drah umělých družic Země, včetně právních aspektů. Rovněž některá technická řešení, vyvinutá v souvislosti s vývojem astronomických přístrojů, ať již pro umělé družice Země nebo pro pozemská pozorování a zpracování pozorování, mohou nalézt uplatnění buď v jiných vědních oblastech nebo přímo ve společenské praxi.

Druhou cestou uplatnění astronomických poznatků ve společenské praxi je "transformace" těchto poznatků přes ostatní přírodní a technické vědy, kdy si často ani neuvědomujeme, že na počátku všeho stála astronomie a astrofyzika. Z historie můžeme např. uvést objev helia nebo zářivky, které ve své podstatě byly zkonstruovány na základě poznatků o záření řídkých hvězdných atmosfér. Konec konců celá kosmonautika, využívání umělých družic Země pro společenskou praxi, stojí na poznatcích astronomie - od Koperníkova heliocentrického systému přes Keplerovy a Newtonovy zákony až k moderní nebeské mechanice.

Které ze současných poznatků astronomie a astrofyziky naleznou uplatnění ve společenské praxi touto cestou, cestou transformace přes ostatní přírodní a technické vědy, to dnes nemůžeme říct. To je proces, který může trvat desítky, ale i stovky let, než daný astronomický poznatek, doplněný poznatky ostatních vědních oborů a rozvojem technických možností, nalezne bezprostředního praktického použití v životě člověka. Zde je to otázka dozrání času.

V tomto případě se vlastně jedná o hlavní úkol základního výzkumu: přinášet nové poznatky, odhalovat nové zákonitosti a vztahy a ukládat je do světové pokladnice vědeckých poznatků, když celý komplex vědeckých a technických poznatků dospěje potřebné úrovně, je využit ve společenské praxi.

## 2. Které směry v současné světové astronomii a astrofyzice pokládáte za hlavní?

Odpověď na tuto otázku musí být určitým způsobem subjektivní. Je to do značné míry ovlivněno vlastním vědeckým zaměřením, a možnostmi hlouběji se seznámit s rozvojem astronomie v celé šíři.

Za velmi významný směr, rozvíjený v posledním období, pokládám výzkum hvězdné aktivity, který nám nejen může dát

mnoho nových poznatků o hvězdách, ale současně může umožnit správné zařazení sluneční činnosti do života hvězd a pomoci tak odhalit její příčiny. Současně je zde však třeba hvězdnou aktivitu chápat v širším pojetí, včetně hvězdného větru, interakce hvězd s mezihvězdným prostředím případně druhými složkami dvojhvězd a pod.

V celosvětovém měřítku je stále větší pozornost věnována fyzice vztahů Slunce-Země a vlivu kosmických procesů v nejbližším slova smyslu na naši Zemi. V současné době je Mezinárodní radou vědeckých unií (ICSU) připravován rozsáhlý mezinárodní program výzkumů pod názvem "Mezinárodní program geosféra-biosféry", často též nazývaný "Globální změny", v němž významnou úlohu bude mít i výzkum fyziky vztahů Slunce-Země a kosmických vlivů na procesy na Zemi vůbec.

Beze sporu významnou oblastí, bouřlivě se rozvíjející, je kosmologie a relativistická astrofyzika. Jejich význam spočívá nejen ve vlastní funkci poznávací v oblasti astronomie, ale současně i v jejich vlivu na rozvoj řady oblastí fyziky.

Hvězdá radioastronomie, rentgenovská a  $\gamma$ -astronomie a pozorování v infračervené a UV oblasti spektra jsou obory, které v poslední době přinesly nejvíce nových významných poznatků získaných přímými pozorováními. Lze říci, že tyto pozorovací metody a především komplexnost pozorování v celé oblasti spektra elektromagnetického záření byly v posledním období hybnou pákou poznání světa hvězd a galaxií. V souvislosti s těmito pozorovacími metodami vzrůstá význam diagnostických a interpretačních metod, které současně nacházejí aplikace i v řadě dalších oborů (laboratorní plasma, řízená termionukleární reakce, dálkový průzkum Země, metalurgie a pod.).

Znovu vzrůstá zájem o studium meziplanetární hmoty, a to z řady důvodů. Je to nejen ta skutečnost, že asteroidy, komety a meteorická hmota jsou základní stavební bloky původní sluneční mlhoviny, ale stále více se ukazují zcela nedostatečné znalosti o populaci těchto malých těles v souvislosti s možnostmi jejich srážek se Zemí a kosmickými sondami. Výzkum průletu meteoroidů zemskou atmosférou se ukázal významným pro studium střední atmosféry Země a byl proto zařazen do mezinárodního programu výzkumu střední atmosféry (MAP).

Pochopitelně v popředí celosvětového zájmu zůstávají otázky dynamiky a gravitačních polí těles sluneční soustavy včetně umělých družic Země, o významu široké palety jejich praktických aplikací není snad třeba blíže hovořit.

3. Které z těchto směrů budou rozvíjeny v Československu a jak se odrážejí v plánu základního výzkumu na příští období?

Dnešní astronomie a astrofyzika jsou tak rozsáhlými vědními disciplinami, že není v silách našeho státu podílet se na jejich vývoji v celé šíři. To mu jeho ekonomické i kádrové podmínky prostě nedovolují. Proto v průběhu posledních třiceti let se v ČSSR rozvíjelo pouze několik směrů astronomie

a astrofyziky, které navazovaly na tradici, měly vhodné kádrové a přístrojové podmínky, vhodně uplatnily nejnovější přístrojové metody (radio, kosmonautika, výpočetní technika) a dosáhly významných výsledků z hlediska světového rozvoje astronomie a astrofyziky.

V rámci přípravy příštího pětiletého Státního plánu základního výzkumu byl vypracován prognostický rozbor v oblasti astronomie a astrofyziky, který obsahoval rozbor současného stavu a prognóz celosvětového vývoje, rozbor dosavadní úrovně československého výzkumu a na základě toho návrhy na úkoly příští pětiletky.

Na základě tohoto materiálu bylo rozhodnuto, že i v příští pětiletce by základní směry výzkumu měly být soustředěny do dosavadních tradičních směrů, a to:

Výzkum sluneční aktivity

Výzkum meziplanetární hmoty

Výzkum ve vybraných oblastech hvězdné astronomie, a to:

horké a pekuliární hvězdy

diagnostické metody v astrofyzice

vývoj galaktické struktury

mezihvězdná látka

relativistická astrofyzika

Výzkum dynamiky sluneční soustavy, a to:

dynamiky a gravitačních polí těles sluneční

soustavy

dynamiky umělých družic Země

V současné době není Státní plán základního výzkumu na příští pětiletku ještě zcela zpracován. V oblasti astronomie jsou zatím schváleny čtyři hlavní směry výzkumu, tak jak jsem je uvedl. Půjde nyní o to, tyto čtyři hlavní úkoly rozpracovat do dílčích úkolů a kontrolovatelných etap, a to tak, aby jejich konkrétní náplň odpovídala současným aktuálními potřebám astronomického a astrofyzikálního výzkumu, světovým trendům, potřebám státu a našim reálným možnostem.

Význačnou novou skutečností příštího pětiletého plánu je schválení cílového projektu "Vztahy Slunce-Země", na jehož řešení se budou podílet hlavní úkoly Státního plánu základního výzkumu z oblasti astronomie, geofyziky, meteorologie, hydrologie a fyziky. Je třeba poznamenat, že cílové projekty řeší úkoly prvořadého významu a v hierarchii Státního plánu stojí nejvýše.

Je samozřejmé, že při konkretizaci náplně Státního plánu základního výzkumu v oblasti astronomie bude významnou měrou přihlíženo jak k celosvětovým programům řízeným mezinárodními nevládními organizacemi jako je IAU, SCOSTEP, COSPAR, tak především k mnohostranným spolupracím socialistických zemí, v první řadě INTERKOSMOS, KAPG a Fyzika a vývoj hvězd, které jsou neoddelitelnou součástí našeho astronomického výzkumu.

Za redakci Kosmických rozhledů hovořil M. Karlický,  
Ondřejov, listopad 1984

O původu sil (2. část)Rozměry a hmotnosti organizovaných objektů (vázaných struktur)

(Převzato hlavně z článku B. Carra a M. Reese "The Anthropic Principle")

Z výše definované gravitační vazbové konstanty  $\alpha_G$  vytvoříme číslo

$$N_{\odot} = \alpha_G^{-3/2} \approx 10^{57}.$$

Nazýváme "hvězdou" těleso, ve kterém gradient tepelného tlaku všude kompenzuje přitažlivou sílu gravitace; těleso, ve kterém je centrální teplota dostatečně vysoká k dlouhodobému udržování termonukleárních reakcí, která však není natolik vysoká, aby došlo k rozpadu struktury v důsledku tlaku záření. Celkem lehce lze ukázat, že počet atomů v takovém objektu se v mezích jednoho či dvou řádů musí rovnat  $N_{\odot}$ . Tento požadavek je ve hvězdách dobře splněn, jelikož  $N_{\odot}$  se blíží počtu částic  $N$  ve Slunci a hvězdách hodných toho jména podle právě uvedené definice; tento počet  $N$  je v intervalu

$$10^{-2} N_{\odot} < N < 10^2 N_{\odot}.$$

Tuhé těleso je struktura, ve které je elektrostatická přitažlivost mezi elektrony a protony kompenzována efektivním odpuzováním vytvářeným v důsledku Pauliho vylučovacího principu, nebo, jinými slovy, tlakem degenerovaných elektronů, stejně jako je tomu v samotných elektronových obalech atomů. V daném případě je hustota atomovou hustotou

$$\rho = m_p / a_0^3 \approx 1 \text{ g/cm}^3.$$

Velmi velké tuhé těleso je nazýváno planetou. Jak velká může být planeta? Nad určitou hmotností začne hrát dominantní roli gravitační síla; těleso bude nuceno získat sférický tvar (v případě rotace půjde o rotační elipsoid). Při ještě větší hmotnosti gravitační síla rozruší chemické vazby. To povede k vytvoření "černého trpaslíka", chladného tělesa, ve kterém je gravitační síla vyvážena tlakem degenerovaných elektronů. Jednoduché výpočty ukazují, že limitní počet částic odlišující planety od černých trpaslíků je dán vztahem

$$N_p \leq (\alpha_{em} / \alpha_G)^{3/2} \approx 10^{54},$$

$$M_p \lesssim 10^{-3} M_{\odot}.$$

Výsledek se přibližně rovná prýmě hmotnosti Jupitera. Maximální rozměry planet jsou  $\sim N_p^{1/3}$  (tj. při konstantní hustotě)  $\sim 10^5$  km.

Co říci o tělesech s vysokým stupněm vnitřní organizace (intelligence)? K tomu, aby byl dosažen maximální počet cerebrálních interkonexí (neuronů) a současně aby byly k dispozici všechny orgány nezbytné k péči o tento mozek, uvedená tělesa by měla mít tolik atomů, kolik je jen možné. Můžeme pro tento počet stanovit horní limitu? Ano, pokud budeme dále předpokládat, že takové vysoce organizované těleso vyžaduje v zájmu udržení své organizace nepřetržitou výměnu hmoty a energie s okolním prostředím (negentropie). Tato výměna se uskutečňuje zčásti s energeticky bohatou atmosférou, udržovanou při teplotách vhodných pro molekulární reakce ( $kT \sim 10^{-2}$  až  $10^{-1}$  eV). K udržení takové atmosféry potřebuje nositelská planeta organizovaných struktur vhodnou hmotnost (a také vhodnou vzdálenost od příslušné hvězdy). Je to právě gravitační pole planety, které určuje mez velikosti vysoce organizovaných těles. Zvíře o velikosti několika set metrů by se při hledání potravy pohybovalo jen velmi obtížně a při pádu by se snad přímo rozlomilo. Pro hmotnost vysoce organizovaných těles je tak rozumné uvažovat horní limitu

$$M \propto (\alpha_{em}/\alpha_G)^{3/4} \approx 100 \text{ kg a pro výšku } h \sim (\alpha_{em}/\alpha_G)^{1/4} \sim$$

1 m (vždy v rozmezí přibližně jednoho řádu). Velryby mohou být o něco větší, jelikož jsou v důsledku vztlakové síly vody méně ovlivňovány zemskou gravitací. Ptáci budou naopak menší, jelikož musí létat ...

Jednou z nejslavnějších a nejvíce fascinujících "koincidencí" je fakt, že současný poloměr R pozorovatelného vesmíru jednoduše souvisí s gravitační a elektromagnetickou vazbovou konstantou prostřednictvím vztahu

$$R = 10^{28} \text{ cm} \approx (\alpha_{em}/\alpha_G) \cdot a_0 = \alpha_G^{-1} \lambda_c \text{ (elektronu),}$$

nebo ekvivalentně a snad významněji, věk vesmíru  $T \sim 10^{10}$  let jednoduše souvisí s fundamentální elektromagnetickou časovou jednotkou  $t_e = \hbar/m_e c^2 \approx 10^{-20}$  s prostřednictvím vztahu

$$T = (\alpha_G^{-1}) \cdot t_e .$$

Tato koincidence byla observačním základem Diracovy teorie tzv. "velkých čísel", jejímž důsledkem je měnící se G. Tuto teorii je však těžké uvést v soulad s takovými fakty, jako je např. zjevná konstantnost střední teploty Země v průběhu posledních čtyř miliard let. Stejná koincidence později vedla Dickeho k první formulaci antropického principu: "Vesmír musí být starší než několik miliard let, aby mohl být obydán inteligentními bytostmi". Skutečně, nejdříve je nutné vytvořit galaxie a hvězdy; v těchto hvězdách musí být vytvořeny atomy těžkých prvků, přičemž tyto atomy musí být následně vyvrženy do chladného mezihvězdného prostoru; z těchto atomů musí být kolem hvězd pozdějších generací vytvořeny mj. také planety, na jejichž povrchu s z prvotních jednoduchých molekul musí vyvinout komplexní organismy.



Ačkoliv tuto poslední fázi skutečně detailně nechápeme, můžeme s rozumným stupněm spolehlivosti stanovit pro délku celého procesu dolní mez  $10^6$  let. Horní mez  $\sim 10^{12}$  let může být stanovena na základě faktu, že život podporující hvězdy (hlavně s určitou UV emisí pro fotosyntézu) mají omezenou životnost a že samotný proces tvoření hvězd je omezen výskytem mezihvězdné hmoty, která je z galaxií postupně odčerpávána a ukládána do podoby trpaslíků, neutronových hvězd a černých děr. Doba  $T = \alpha c^{-1} t_e$  (s přípustným rozmezím jednoho nebo dvou řádů) je tak dobrým odhadem věku vesmíru vnitřního pozorovatelem. Situace se stává ještě dramatičtější v důsledku zavedení přirozené časové jednotky aplikovatelné na vesmír jako celek: Planckova času  $t_{pl} = (\hbar G / c^3)^{1/2} \approx 10^{-43}$  s. V těchto jednotkách musí být vesmír mimořádně starý ( $T / t_{pl} \approx 10^{60}$ ), a to ještě předtím, než se objeví nějaký pozorovatel. Ekvivalentní formulace může být provedena pomocí úvah o energetické rovnováze vesmíru. V současnosti se energie expanze vesmíru (člen kinetické energie) téměř rovná přitažlivé síle kosmologické gravitace působící opačným směrem (člen potenciální energie). Kosmologický model (založený na Einsteinově obecné relativitě) však předvídá, že relativní rozdíl mezi těmito dvěma členy narůstá s časem. Vyplývá z toho implikace, že v raných dobách vesmíru byly tyto dva členy extrémně blízké. Tato skutečnost bývá často označována jako problém "plochosti". Evoluce vesmíru započala ze stavu charakterizovaného fantasticky vysokým stupněm plochosti prostoru. To se jeví jako podmínka pro to, aby mohl vesmír existovat tak dlouho bez opětovné kontrakce, resp. bez přechodu do stavu nehostinného chladu. V kontextu antropického principu by bylo možné říci, že jde o nutnou podmínku pro to, aby byl vesmír "pozorovatelný" (t.j. aby se v něm mohl zrodit pozorovatel).

Mnoho dalších koincidencí nutných k zrození pozorovatele bylo diskutováno celou řadou lidí. Některé z nich jsou problematické nebo přinejmenším nedokázané. Mohli bychom snad hovořit o "antropickém programu", který je však dosud v plenkách. Nakolik unikátní je náš Vesmír v tomto ohledu? Jak odlišný by mohl být, aby ještě mohl podporovat zrod inteligentního života? Život, samozřejmě tak, jak jej doposud známe, je založený na biochemii uhlíku a specifickěji, na DNA (překladatel se přidržuje modernější české terminologie a pro nukleové kyseliny nepoužívá české zkratky, t.j. DNK a RNK, nýbrž mezinárodně užívané angl. označení DNA resp. RNA, viz např. nedávný český překlad skvělé monografie J. D. Watsona *Molecular Biology of the Gene - Molekulární biologie genu*, Academia, Praha, 1982 - pozn. překl.). Celá řada autorů spekulovala o velmi odlišných formách života, např. o životě, jehož informace je založena na dislokacích krystalů (Schneider, soukromé sdělení). Nicméně doposud nebylo přesvědčivě ukázáno, zdali takové systémy vůbec mohou reálně existovat.

Jak již bylo diskutováno na začátku této práce, na základě našeho současného poznání může být vesmír popsán určením hodnot určitého počtu fyzikálních konstant a zavedením

těchto konstant do rámce kalibračních teorií s lokální invariancí. Mezi tyto konstanty zahrnujeme rovněž hmotnosti a náboje interagujících částic. Počet volných parametrů je stále velký (několik desítek), je tu však naděje, že tento počet bude v budoucnu redukován.

Příkladem podobné redukce, jak již bylo zmíněno dříve, je splynutí  $\alpha_N$ ,  $\alpha_{em}$  a  $\alpha_f$  do jedné konstanty  $\alpha_{GUT}$  s hodnotou přibližně  $1/42$  v oblasti velmi vysokých energií. Ellis (soukromé sdělení) se zmínil o možnosti, že  $\alpha_{GUT}$  je sama o sobě odvozena z hodnoty "jedna" v oblasti ještě vyšších energií. "Jedna" je stále ještě libovolné číslo, ale jde snad o "přirozenější" číslo nežli  $1/42$ . Vyhovuje tak více z estetického hlediska. Důležitým bodem je zde však, že (například) poměr  $\alpha_N/\alpha_{em} \sim 100$  se zdá být ve vesmíru zabudován od počátku a může být pochopen v rámci pojmu relativní multiplicity grupy silných interakcí ( $N = 3$ ) a elektromagnetické grupy ( $N = 1$ ). Na druhé straně, společně s poměrem hmotností protonu a elektronu  $m_p/m_e \approx 2000$  (tento poměr pravděpodobně rovněž souvisí s poměrem  $\alpha_N/\alpha_{em}$ , ačkoliv přesná forma souvislosti je dosud záhadná (velká hodnota poměru  $\alpha_N/\alpha_{em}$  určuje strukturu atomů a molekul. Jádra, malá a hmotná, slouží jako "kotvy", od kterých zasahují daleko do prostoru elektronové oblaky. Extrémně velký počet možných prostorových konfigurací oblaků, který je přitom k dispozici, vede k fundamentální vlastnosti stereospecifičnosti, která určuje celou biochemii a zajišťuje její ne-spočetné možnosti. Jako extrémní protiklad může být uveden případ  $\alpha_N = \alpha_{em}$ ; v takovém případě by vzniklo něco na způsob Thomsonova atomu (oba náboje rovnoměrně rozložené), což je s největší pravděpodobností daleko méně přijatelné. Hypotetické změny hodnoty poměru  $\alpha_N/\alpha_{em}$  by měly mít dramatické vlivy na historii vesmíru. Diproton je vzhledem ke dvěma volným protonům nestabilní (resp. netvoří vázanou strukturu) jen o několik málo set keV, rozdíl v poměrné vazbové energii  $\Delta M/M \sim 10^{-4}$ . Jádro  ${}^8\text{Be}$  je vzhledem ke dvěma částicím alfa nestabilní ještě v menší míře,  $\Delta M/M \sim 3 \cdot 10^{-5}$ . Mírný vzrůst hodnoty poměru  $\alpha_N/\alpha_{em}$  by vedl ke vzniku vázané struktury diprotonu (společně s tripletovým stavem deuteronu, kterému chybí ke stabilitě pouze 40 keV, a s  ${}^8\text{Be}$ ). Big-bangová nukleosyntéza by byla značně urychlena v důsledku dvou rozdílných efektů: a) stability diprotonu a  ${}^8\text{Be}$ , b) redukce v Coulombově bariéře ( $\alpha_{em}$  se objevuje v exponentu Gamowova vztahu). V standardním big-bangu jsou v podstatě všechny neutrony, které jsou k dispozici, zachyceny do  ${}^4\text{He}$ . V námi uvažovaném případě by do  ${}^4\text{He}$  "mohly jít" přímo protony. Je nutné předpokládat, že všechny protony by byly konvertovány na  ${}^4\text{He}$  a těžší jádra (C, O, atd. ...), konečný výsledek by však závisel na konkrétním výběru změny hodnoty poměru  $\alpha_N/\alpha_{em}$  (příslušné výpočty jsou plánovány). Vesmír bez vodíku by se od našeho Vesmíru značně lišil. Většina potenciální nukleární energie hmoty by byla v takovém vesmíru spotřebována v prvních minutách jeho existence. Neexistovaly by žádné hvězdy hlavní posloupnosti umožňující dlouhodobé epochy planetárního života. Dokonce i kdyby v daném vesmíru nějaký

vodík zůstal, rozsah reakce  $4p \rightarrow {}^4\text{He}$  by byl enormně zvýšen v důsledku stability diprotonu vedoucí k mnohem chladnějším (ne více horkým ...) hvězdám hlavní posloupnosti, což by pravděpodobně vedlo k redukci emise ultrafialového záření pod prahovou hodnotu podminující rozsáhlejší fotosyntézu. Nepřítomnost vodíku by znamenala rovněž nepřítomnost vody a tedy i neexistenci prvotního oceánu, podporujícího vznik buněčného života. Obecněji, slavná "vodíková vazba", tak fundamentální pro biochemii, by neexistovala.

Snižme nyní hodnotu poměru  $\alpha_N / \alpha_{em}$ . Deuteron by byl nevázaný ( $\Delta M/M \sim 10^{-3}$ ). Hvězdná transformace  $4p \rightarrow {}^4\text{He}$  by mohla probíhat pouze prostřednictvím deuteronové (nebo snad diprotonové) rezonance a to ve značně menším rozsahu. Jen velmi hmotné hvězdy by byly dostatečně horké na to, aby v nich probíhaly termonukleární reakce. Nukleosyntéza by tak před ochlazením do stadia trpaslíků proběhla jen ve velmi málo hvězdách. Navíc, jelikož jádro uhlíku je ve vztahu k třem částicím alfa relativně slabě vázáno ( $\Delta M/M = 10^{-3}$ ), přičemž jádro kyslíku je vázáno jen mírně více, produkty podobné nukleosyntézy by pro konvenční biochemii nemusely být zajímavé.

Co můžeme říci o slabé interakci? V našem ohledu je její hlavní funkcí určovat rychlost reakce  $p + p$  ve Slunci a hvězdách hlavní posloupnosti; relativní slabost této interakce zaručuje dlouhou dobu existence těchto hvězd. Nejde zde ani tak o hodnotu  $\alpha_f$ , jako o hmotnost výměnné částice  $W^+$ . Životní podmínky na Zemi závisí jak na střední teplotě zemského povrchu, tak i na délce existence Slunce, přičemž ty jsou funkcemi intenzity a dosahu slabé interakce.

K zakončení této části se zmíním o diskusi týkající se možného rozsahu změn hodnoty  $\alpha_{em}$  v rámci Velkých sjednocených teorií GUTS (Ellis, soukromě sdělení). Výsledky jsou mimořádně dramatické, částečně však závisí na výběru modelu a nejsou tak zcela přesvědčivé. Pokles hodnoty  $\alpha_{em}$  pod  $1/200$  by zkrátil dobu existence protonu na méně než  $10^6$  let, zatímco vzrůst hodnoty  $\alpha_{em}$  nad  $1/80$  by "vytlačil" teorii znovusjednocení nad Planckovu hmotnost, což by vedlo k nemožnosti aplikovat celou teorii. Zbývá jen čekat, zdali tato omezení přežijí budoucí rozvoj fyziky elementárních částic. K jakému závěru však na základě uvedených skutečností můžeme dospět? Jsme zde zanechání uprostřed celé řady otázek. Hodnoty vazbových konstant zjevně nemohou "volně" být libovolnými hodnotami. Tyto hodnoty jsou omezeny dvěma zcela odlišnými soubory argumentů: podstatou fundamentální fyziky a existencí pozorovatele.

V jakém rozsahu podstata fundamentální fyziky omezuje fyzikální konstanty na takové hodnoty, jaké mají? Dnes již můžeme některé z těchto konstant ( $\alpha_N$ ,  $\alpha_{em}$ ,  $\alpha_f$ ) uvést v souvislost s multiplicitou různých s nimi souvisejících grup. Proč však tyto grupy mají právě takové multiplicity? Může být  $\alpha_{GUT} = 1/42$  odvozena z "jedné"? A co se týká gravitace? Co můžeme říci o hmotnostech? A co o  $\hbar$ ,  $c$ , atd.? ... A proč by všechny tyto teorie fundamentální fyziky měly být kalibračními teoriemi s lokální invariancí? Proč jsou určité teorie spontánně narušené, zatímco jiné ne? Na některé

z těchto otázek již máme předběžné a částečné odpovědi, na jiné však zatím ne. V naší neznalosti nám zůstávají dvě možnosti. Může se ukázat, že vše ve fyzikálních teoriích je závazné a může být odvozeno z nějakého prapůvodního základního principu. V tomto případě, co se týče zákonů, by neexistovala žádná možnost výběru resp. volby jiného vesmíru. Může se však též ukázat, že neexistují žádné striktní požadavky. Například, fyzika by zahrnovala určitý počet numerických parametrů, u kterých by bylo možné volně předpokládat libovolnou numerickou hodnotu (snad v mezích určitých intervalů). Vesmír by pak byl definován souborem těchto čísel, nebo, což je ekvivalentní, bodem v příslušném parametrickém prostoru. Takových vesmírů by mohl existovat velký počet. Z antropického principu pak vyplývá, že pozorovatelný vesmír musí patřit k malé podmnožině všech bodů, které mohou vést ke vzniku pozorovatele. Všechny jiné vesmíry jsou pro nás nedostupné ...

Až již ve skutečnosti platí kterákoli z těchto možností, můžeme tvrdit a posteriori, že náš Vesmír splňuje všechny podmínky potřebné a nutné ke objevení se života. Již od svých počátků byl náš Vesmír potenciálně schopný zrodit inteligentní bytosti. Jak se však tato potenciálnost změnila ve skutečnost? K ilustraci tohoto "zrození" je potřebná celá kosmologie, astronomie, geofyzika a biochemie. Toto "zrození" spočívá na komplexním historickém vzájemném vztahu mezi expanzí a ochlazováním vesmíru, na chování volné energie hmoty a na intervenci náhody na mnoha úrovních. Na dalších stránkách se pokusíme tento složitý scénář ilustrovat.

Inteligentní život vyžaduje organizovaná těla, která sama o sobě vyžadují k zajištění své stability existenci vázaných struktur. Při vysokých teplotách nemohou existovat žádné vázané struktury. V průběhu ochlazování vesmíru, a pro libovolný typ fyzikální vazby, jelikož  $kT/Mc^2 < \Delta M/M$ , se vázané struktury stávají mnohem pravděpodobnějšími, nežli volné částice. Toto lze nejlépe diskutovat pomocí pojmu "volné energie" (v Helmholtzově smyslu). Fyzikální procesy budou směřovat k redukci volné energie systému. Při vysokých teplotách tento princip favorizuje disociováný stav, při nižších teplotách podporuje asociovaný stav. S ochlazováním vesmíru bude po vazbě kvarků do nukleonů následovat nukleární vazba do atomových jader (prvotní nukleosyntéza) a po ní elektrostatická vazba do atomových stavů (rekombinace). Posledním krokem bude gravitační vazba hmoty do galaxií a hvězd. O podobných fázových přechodech se předpokládá, že probíhají vratným způsobem, pokud při každé energii pohybu částic, t.j. teplotě, probíhají rovněž při konstantní volné energii. Jinými slovy, reakce mezi složkami jsou vždy v rovnováze. V takovém případě přechod vede ke stavu s nejnižší možnou stabilitou. To platí pro případ přechodu kvarků na nukleony; kvarková vazba dosahuje nejnižší možný stav: všechny kvarky jsou vázány v nukleonech. Nukleární vazba - v kosmickém měřítku - se však zastavila před dosažením nejnižšího stavu. Big-bangová nukleosyntéza by v principu mohla vytvořit svět celý ze železa. Ve skutečnosti jsme však stěží dosáhli stadia hélia, stále ještě s více než

70 % nukleonů v podobě vodíku. Proč? Věci by probíhaly jinak, pokud by byl počet relativistických částic v jednotce objemu vyšší, nebo pokud by byl vyšší počet baryonů připadajících na jeden foton (nebo, pokud by byly jaderné síly dostatečně silné, aby mohly vázat jádra s  $A = 5$  a  $8$ ). V reálném vývoji, kolem  $t = 100$  s, rychlost jaderných reakcí poklesla pod rychlost expanze vesmíru. Rovnováha byla narušena. Celková jaderná vazbová energie v hmotě je úměrná téměř 1 % její hmotnosti. Doposud bylo uvolněno méně než 1/4 této energie. Tento neúspěch nukleárního vývoje v snaze o dosažení nejnižšího stavu je v mnoha ohledech šťastnou okolností. Na jedné straně hlavně proto, že umožňuje dlouhodobou existenci hvězd. Na druhé straně proto, že železo lze jen stěží považovat za vhodný prvek podporující život ...

Další fázový přechod, při teplotě  $T \sim 3000$  K, však dosáhl nejnižšího stavu: elektrony a protony vytvořily atomy vodíku, elektrony a částice alfa vytvořily atomy hélia. Těžší atomy nebyly zformovány jednoduše v důsledku nepřítomnosti odpovídajících jader.

Nakonec přichází gravitační vazba hmoty do galaxií a hvězd; k tomu došlo v čase  $t \sim 10^8$  až  $10^9$  let. Zde jsou nejnižšími vázanými stavy planety, bílí trpaslíci, neutronové hvězdy a černé díry. Nicméně, v této oblasti jsme opět daleko od konečného nejnižšího stavu. Konverze hmoty na tato mrtvá tělesa probíhá pomalu v průběhu aeonů (t.j. miliard let - pozn. překl.). Není jasné, zda bude tento proces vůbec někdy zcela završen. Gravitační vazba je však speciální v mnoha ohledech. Zprv, její speciálnost spočívá ve faktu, že na rozdíl od nukleární a elektromagnetické vazby není omezena na konkrétní interval hodnot poměrného defektu hmoty  $\Delta M/M$  (viz tabulku 1). Navíc, podobně jako v případě dalších sil, část uvolněné potenciální energie se mění na kinetickou energii vázaných částic (zatímco zbytek je vyzářen do prostoru). V případě gravitace může mít odpovídající teplo libovolnou teplotu podle množství uvolněné hmotnosti ( $kT/Mc^2 \approx \Delta M/M$ ). Toto rostoucí teplo může nakonec vyvolat reaktivaci ostatních sil, když  $T$  dosáhne jejich intervaly poměrných vazbových hmotností.

Vstupujeme tak do druhé kapitoly organizace hmoty. První kapitola, od big-bangu ke zrození prvních hvězd, je kapitolou globální organizace následující po poklesu kosmické teploty. Druhá kapitola je kapitolou rostoucí komplexnosti v lokálním měřítku kolem velkého počtu hvězd, s jejich horkými nitry a zahříváním okolím. Je zajímavé, uvědomíme-li si, že hvězdy mohou vznikat pouze pokud mohou vyzářovat světlo (teplo) a emise světla může probíhat pouze v chladném vesmíru (bez nahřívání tohoto vesmíru). Tento důležitý bod je zaručen samotnou expanzí. Ve skutečnosti každý fyzikální proces vedoucí k vázané struktuře (hvězdy, jádra, atomy) spočívá na expanzi vesmíru zaručující její stabilitu v dlouhém časovém měřítku. Pokud by vesmír zastavil expanzi a začal se naopak smršťovat, všechny struktury by zanikly ... Prázdnota a expandující prostor mezi galaxiemi je v jistém smyslu "skládkou" všech fotonů, které musí být "ztraceny", pokud má být vesmír organizován.

Vraťme se však ke hvězdám. Zde se teplotní škála znovu zvysňuje při uvolňování gravitační energie, což vede nejdříve k reaktivaci elektromagnetické síly (ionizace, disociace atomů) a později rovněž k reaktivaci nukleární síly (termonukleární reakce). V tomto novém kontextu může nukleární vývoj pokračovat a sledovat kurs až ke svému završení (k uranu a thoriu ...). Hvězdy však nevyčerpávají všechnu svoji potenciální nukleární energii (určité železo sice vzniká, ale pouze jako jeden z mnoha produktů hvězdného vývoje). Stejně nevyčerpávají ani všechnu svoji potenciální gravitační energii (zdaleka ne všechny úplně končí jako bílí trpaslíci, neutronové hvězdy a černé díry). Ze složitých důvodů, které dosud nejsou dobře pochopeny, při dosažení stavu  $\Delta M/M \approx 0,1$  dochází u vysoce vyvinuté hvězdy k odvržení části její hmoty zpět do prostoru, což se týká i nově vytvořených atomů, většinou v intervalu od uhlíku a kyslíku ke křemíku (tento interval je daleko vhodnější jako ukazatel komplexnosti hmoty, nežli atomy železa). V průběhu exploze hvězdy (supernova) vzniká tzv. její pozůstatek resp. ostatek, který se rozpíná a postupně chladne, v značné míře podobně jako hmota v rámci big-bangu. Hlavním rozdílem je zde však pro nás přítomnost těžkých jader, které v big-bangu chyběly. Elektromagnetický interval vazbových energií je znovu dosažen. Vytvářeny jsou atomy, které se mohou sdružovat s jinými za vzniku různých ledů ( $NH_3$ ,  $CH_4$ ,  $H_2O$ ), několika složitých molekul a prachových zrnků (železitých a hořčíkových silikátů). Tato zrnka mohou spolu s ledy vést ke zrození planet s atmosférami a oceány kolem pozdějších generací hvězd, přičemž na těchto planetách může chemická evoluce nabrat kurs směrem k biochemii a biologii. Tyto jevy jsou znázorněny na obrázku 2. Je užitečné znovu si připomenout, že expanze vesmíru v libovolné epoše souvisí se zrodem organizace. Hvězdy, jádra, atomy, molekuly a živé organismy mohou být vytvářeny pouze, když mohou být jak vazbová energie, tak i přebytečná entropie, "vyzářeny" pryč. Chladná a expandující Olbersova obloha je bezedným rezervoárem, do kterého jsou tyto kvantify "ukládány". Pokud by noc nebyla temná, neexistoval by nikdo, kdo by to mohl zaregistrovat.

### Role náhody

Byla budoucnost vesmíru, a konkrétně sled jevů vedoucích k organizaci hmoty, implicitně zapsána ve fyzikálních zákonech od samého počátku? Odvíjí se jednoduše historie světa z jakési matrice? Takový závěr by byl oprávněný, kdyby byly fyzikální procesy vždy v rovnováze vedoucí k nejnižšímu možnému vázanému stavu (k stavu nejnižší volné energie). Ve skutečnosti však, jak jsme se již zmínili dříve, toto není vývojovou cestou našeho kosmu. Náš Vesmír se nepřetržitě nachází ve stavu intermediální vazby (nukleární, gravitační a též biochemické). Tato situace otvírá možnost existence velkého počtu energeticky ekvivalentních stavů. Právě mezi těmito stavy probíhá velká hra organizace hmoty, přičemž tato hra v značné míře probíhá prostřednictvím efektů náhody. V této části chci ilustrovat ménící se roli

náhody při našem postupu po žebříčku komplexnosti. K ilustraci této role se soustředím na tři momenty historie.

A) Nejdříve dochází k vytvoření vodíkových atomů v rekombinační éře raného vesmíru. Každá srážka elektronu s protonem je náhodným jevem, ale konečný výsledek je jistý: plazma uvolní místo plynu tvořenému molekulami vodíku. Vyplývá to z faktu, že střední kolizní čas pro dosažení konečného stavu je kratší než věk vesmíru. Náhoda zde v určené podstaty produktu nehraje žádnou roli.

B) Uvažujme nyní Ureyovu-Millerovu láhev: směs vody s různými jednoduchými plyny ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ , atd.) ozařovanou spojitým elektrickým výbojem s cílem rekonstruovat ranou chemickou evoluci v prvotních oceánech. Hlavním rozdílem od předcházejícího případu je zde počet možných stavů systému. Prostřednictvím mnoha disociací a rekombinací bude vznikat působivě dlouhý seznam nových molekul zahrnující alkoholy, cukry i aminokyseliny. V průběhu času se nové molekuly budou konstantně objevovat se vzrůstajícími velkými atomovými čísly. Co se však týče energetiky, jejich vazbové energie jsou většinou stejné. Řečeno termodynamicky, máme zde soubor "degenerovaných" stavů a statistické faktory nebudou dávat přednost jednomu stavu před jinými. Přechody jsou podporovány faktem, že zářivé pole je daleko od tepelné rovnováhy. V důsledku skutečnosti, že soubor konečných stavů je v určitém smyslu "otevřenou" množinou, systém nikdy nedosáhne rovnováhy, bez závislosti na době trvání experimentu. Výsledkem je, obzvláště na horním konci hmotnostní škály, že rozložení molekul bude odrážet výskyt náhodných procesů. Na přední linii chemické evoluce náhoda skutečně hraje významnou roli.

C) Jako třetí příklad budeme uvažovat populaci živočichů. Na rozdíl od atomového jádra je živočich něčím více, nežli samotným souhrnem všech částic, z kterých se skládá. Živočich ve skutečnosti prostřednictvím cyklů vdechu-výdechu a výživy-vyměšování neustále mění svoji zásobu částic. Cirkulace ustává smrtí; mrtvý živočich je jednoduše nahromaděním svých částic.

Živý organismus je třeba ztotožňovat s jeho mnoha aktivitami a funkcemi. Důležitým cílem těchto aktivit je udržet systém naživu. Organismy musí bojovat o svůj život a soutěžit s jinými organismy ...

Všechny instrukce požadované pro životní aktivity jsou kódovány v molekule DNA, v obřím řetězci skládajícím se z posloupnosti čtyř nukleotidovýchází v předepsaném uspořádání. Počet možných "stavů" (biologický druh, individuální živočich) je reprezentován kvasi-nekonečnou množinou možných konfigurací řetězce DNA. Je to právě tato konfigurace, která výlučně definuje každého z nás.

Roli náhody ve vývoji živočichů hrají (mimo jiných věcí) kosmické paprsky a záření přicházející z vnějšího prostoru, křížující atmosféru, narážející na bunky a indukující určité změny v genetickém kódu. Tyto změny (nazývané mutacemi) budou měnit soubor instrukcí daných kódem. Potřeba

přežití zde zavádí pojem výhodné a nevýhodné mutace, a to podle toho, zdali byla adaptabilita příslušného živočicha zvýšena či snížena. Mutace, ke kterým došlo v pohlavních bunkách, budou předány potomstvu. Příznivé mutace budou "uchovány", jejich nositelé budou mít větší šance dosáhnout věku reprodukce. Jejich populace bude růst a eventuálně dominovat nad konkurenty. Víceméně se věří, že motorem biologické evoluce, od bakterie až ke člověku, je mechanismus přirozeného výběru, zahájený uvedeným způsobem a působící prostřednictvím velkého počtu malých mutací v průběhu celých posledních čtyř miliard let.

Náhoda zde zjevně hraje fundamentální roli. Na jiné planetě je fauna pravděpodobně velmi odlišná. Několik set tisíc druhů hmyzu na Zemi ukazuje, že nikdo není jediné možný. Ale, na rozdíl od situace v Ureyově-Millerově láhvi, náhoda zde není ponechána sama na sebe. Díky přítomnosti molekuly NDA je náhoda "filtrována". Mutace jsou uchovány pouze, když jsou příznivé a vedou k lepší biologické adaptaci. Konstrukcí molekuly DNA někde v prvotním oceánu uskutečnila Příroda obrovský skok v historii organizace hmoty, krok, kterým byl podstatně urychlen růst komplexnosti.

#### Závěr: Zdroj komplexnosti

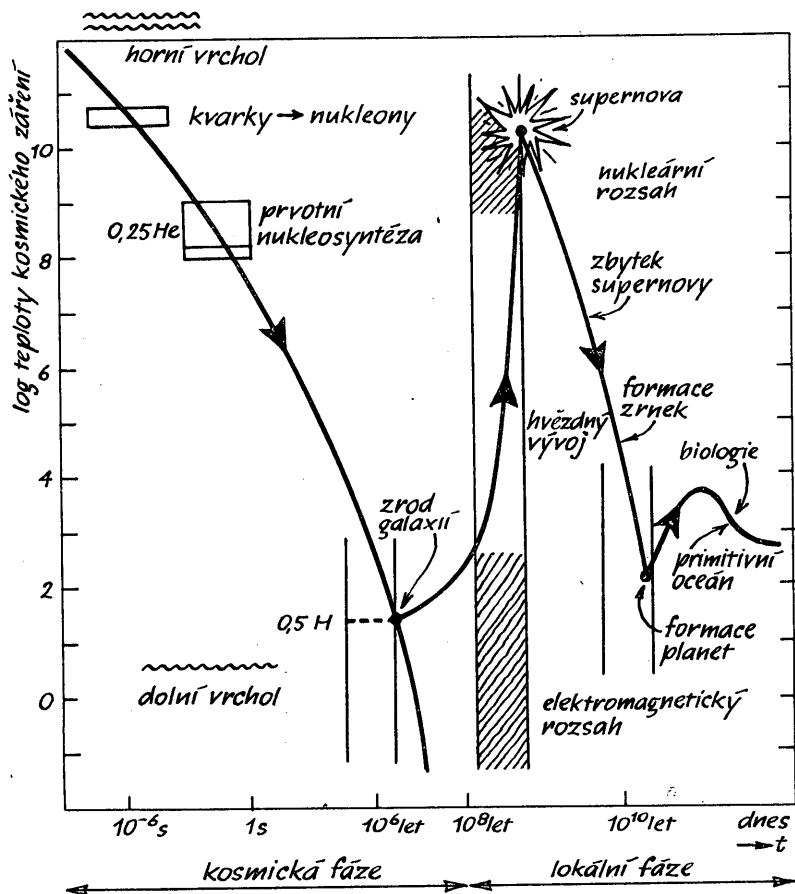
Komplexnost vyžaduje kombinaci velkého počtu elementárních částic; v případě člověka  $\sim 10^{28}$ . Tato kombinace k organizaci struktury vyžaduje přítomnost vazbových sil. Vazba vyžaduje existenci defektu masy a možnosti vyzářit pryč tuto přebytečnou energii, jak na konto prvního, tak i druhého zákona termodynamiky (vyzařování přebytečné entropie s cílem snížit lokální entropii). K seskupování prostřednictvím vazby a hmotnostního schodku se evidentně hodí pouze částice s nenulovou klidovou hmotností. Prvotním zdrojem komplexnosti je tedy existence hmotných částic v raném vesmíru a existence vazbových sil mezi těmito částicemi. Na počátku však tato komplexnost existovala pouze jako potenciální možnost, jelikož volná energie favorizuje volný stav. Nicméně, v průběhu poklesu teploty a s pomocí různých sil se tato potenciálnost změnila na možnost, která se prostřednictvím působení náhodných jevů postupně přeměnila na realitu.

V rámci Velkých sjednocených teorií se věří, že před energií GUT  $\sim 10^{15}$  GeV měly všechny částice nulovou klidovou hmotnost. Hmotnosti částice získaly v důsledku jevů spontánního narušení symetrie prostřednictvím působení Higgsových bozonů. Pokud je tento pohled správný, za celou komplexnost světa vděčíme, na základě provedené analýzy, právě tomuto jevu, který se odehrál v čase  $10^{-35}$  s po big-bangu a existenci Higgsova bozonu, záhadné skalární částice vynalezené s cílem zavést do kalibrační teorie hmotné výměnné částice, aby tato teorie byla invariantní vzhledem k lokálními transformacím.

Z anglického originálu "On the Origin of the Forces", uveřejněného ve sborníku The Birth of the Universe,



editoři J. Audouze a J. Tran Thanh Van, Éditions Frontières, Gif sur Yvette, 1982, str. 369-379 (1. část překladu) a str. 379-391 (2. část překladu) přeložil Zdeněk Urban.



obr. 2 Růst komplexnosti hmoty

Pozn.: 1. část překladu včetně tabulky 1 byla uveřejněna v č. 3 (1984)

## Základní principy a výsledky speciální teorie relativity

### 1. Úvod

Cílem tohoto článku je zdůvodnit základní principy speciální teorie relativity (STR) a vysvětlit její nejdůležitější výsledky. Je rozdělen do osmi kapitol:

1. Úvod
2. Kinematika a systémy souřadnic
3. Dynamika v Newtonově teorii
4. Základní principy speciální teorie relativity
5. Lorentzova transformace a některé její důsledky
6. Další vztahy speciální teorie relativity
7. Paradox hodin
8. Princip ekvivalence (paradox hodin v obecné teorii relativity)

### Literatura

Poměrně krátký článek nemůže pochopitelně nahradit učebnici. Částečně byly podnětem k jeho napsání dopisy polemizující s některými neobvyklými výsledky STR, případně s celou teorií. V minulosti se ukázalo, že příliš stručná vysvětlení jdoucí ihned in medias res čtenáře neuspokojí, protože jsou vytržena ze souvislosti se základními myšlenkami teorie. Na nejdůležitější z nich se budeme snažit v následujících kapitolách nezapomenout. Přesto řada podstatných faktů je pouze zmíněna formou odkazu na literaturu pořadovým číslem ze seznamu na konci článku. Citace /1/ až /9/ jsou základní učebnice a populární články s nejvýše středoškolskou matematikou a vesměs v češtině. Speciálnější reference mají pořadová čísla od /10/. Studium uvedené literatury je možné odložit na později a článek číst bez přerušování. Pozornému čtenáři bude matematika ze střední školy naprosto postačovat.

### 2. Kinematika a systémy souřadnic

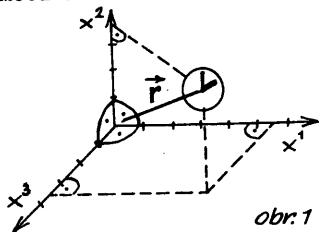
Nejprve se seznámíme s několika pojmy, které se obvykle v populárním článku o STR blíže neprobírají, neboť z fyzikálního hlediska patří již do úvodu ke klasické teoretické mechanice, zatímco z pohledu matematika jde o aparát disciplíny zvané diferenciální geometrie. Blíže se s nimi může čtenář seznámit např. v pracích /1, §2.1; 10, kap. I; 11/. Jejich správné chápání je však i zde důležité, protože jsou to velice názorné představy, s jejichž (poněkud komplikovanějším) zobecněním se v STR setkáváme na každém kroku.

Kinematikou označujeme tu část mechaniky, která se zabývá popisem pohybu těles. Příčiny tohoto pohybu se však zkoumají až v rámci dynamiky.

Tělesa a objekty reálného světa budeme uvažovat jako tzv. hmotné body. Tuto abstrakci používáme ve fyzice tehdy, jestliže rozměry oblastí vyplněných hmotou jsou nepodstatné ve srovnání se vzdálenostmi mezi nimi. U hmotných bodů není třeba přihlížet ke tvaru či prostorové orientaci. Ilustrací nám mohou být planety obíhající kolem Slunce, pokud odhlédneme od jejich detailní struktury a rotace. Např. průměr Země je asi 23 500 krát menší než průměr její oběžné dráhy, takže při zkoumání orbitálního pohybu můžeme s vysokou přesností považovat naši planetu za hmotný bod s odpovídající hmotností.

Abychom mohli popisovat pohyb těles a rozlišovat různé události, zavádíme souřadnice - tři prostorové a jednu časovou. Čtyři souřadnice tak představují označení či "jména" jednotlivých událostí. Se zavedením souřadného systému jsou v Newtonově teorii i v STR spjaty dva důležité pojmy - ideální hodiny a ideální měřicí tyče, jimiž označujeme skutečné hodiny a tyče, jejichž údaje jsme náležitě korigovali, abychom odstranili vliv rušivých vlivů. Není samozřejmé, že tuto korekci lze vždy realizovat. Elektromagnetické pole můžeme odstínit Faradayovou klecí, změnám teploty zamezíme adiabatickou stěnou. Gravitace však představuje univerzální vliv, který působí na všechny látky stejně a který odstínit nemůžeme.

Newtonovská fyzika privilejuje tzv. kartézské souřadnice, v nichž jsou hodiny umístěné v jednotlivých bodech prostoru navzájem synchronizovány a v nichž polohu určuje trojice čísel tak, že platí Pythagorova věta (systém tvořený navzájem kolmými osami, na nichž nanášíme stupnice pomocí ideálních měřitek - viz obr. 1).



obr. 1

Synchronizace se provádí tak, že hodiny seřídíme v jednom bodě prostoru a poté rozmístíme na různá místa, anebo nekočně rychlým signálem, jehož existence je s newtonovskou fyzikou zcela slučitelná. Předběhneme a poznamenejme, že synchronizaci podle STR bude třeba provádět jiným způsobem, neboť, jak uvidíme, existuje

v této teorii jev zvaný dilatace času a rychlost světla je mezní rychlostí při šíření signálů.

Prostorové souřadnice budeme značit  $x^1, x^2, x^3$  nebo někdy  $x, y, z$ . Místo času  $t$  bývá mnohdy výhodné zavést souřadnici  $x^4 = ict$ , kde  $i$  značí komplexní jednotku ( $i^2 = -1$ ),  $c \approx 299\,792,458\,0$  km/s je rychlost světla ve vakuu. Souřadnice  $x^4$  se od  $t$  liší pouze multiplikační konstantou  $ic$ , takže známe-li  $x^4$ , známe také  $t$  a naopak. Rozdíl tkví pouze ve volbě jednotky na časové ose.

Použití  $x^4$  je však z početního hlediska někdy výhodné. Existuje matematicky velmi elegantní přístup diferenciální geometrie, který ve svých základech zavedení souřadnic nepotřebuje. Čtenář se s ním může seznámit např. v [11]. Výsledky formulované cestou diferenciální geometrie se pochopitelně neliší od závěrů, k nimž dospějeme pomocí obvyklejšího formalismu použitého také v tomto článku.

Každá událost je tedy určena uspořádanou čtveřicí

čísel-svými souřadnicemi  $\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \\ x^4 \end{pmatrix}$  nebo ekvivalentně  $\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ t \end{pmatrix}$

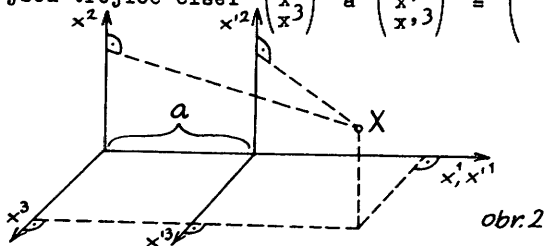
Čas má v newtonovské fyzice absolutní význam, neboť díky popsané možnosti synchronizace je určen jednoznačně až na aditivní konstantu (volba počátku odečítání času). Události se proto popisují parametricky  $x^i = x^i(x^4)$ ,  $i = 1, 2, 3$ . Souřadných systémů můžeme zkonstruovat libovolné množství: osové trojhrany těchto systémů budou navzájem různé pootočený a budou se vůči sobě pohybovat. Proto potřebujeme znát vztah mezi jednotlivými systémy.

### Jak se transformují prostorové souřadnice?

Podstatu ukážeme na třech příkladech:

1) Systém  $S'$  je vybaven kartézskými souřadnicemi posunutými o vzdálenost  $a$  ve směru osy  $x^1$  vůči souřadnicím systému  $S$ . Prostorové souřadnice téhož bodu  $X$  v systémech  $S$  a  $S'$

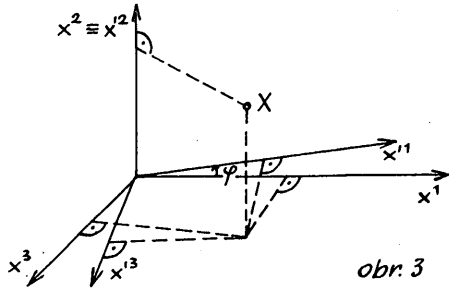
jsou trojice čísel  $\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix}$  a  $\begin{pmatrix} x'^1 \\ x'^2 \\ x'^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x^1 - a \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix}$



2) Kartézský systém  $S'$  se pohybuje vůči  $S$  rovnoměrně přímočaře v kladném směru osy  $x^1$ , přičemž počátek odečítání času volíme tak, že oba systémy splývaly v  $t = t' = 0$ .

Potom  $\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x'^1 + vt \\ x'^2 \\ x'^3 \end{pmatrix}$

3) Systém  $S'$  je vzhledem k  $S$  otočen o úhel  $\varphi$  kolem společné osy  $x^2 \equiv x'^2$ . Vztah mezi oběma systémy plyne z elementárních goniometrických vzorců



obr. 3

$$\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x^{,1} \cos \varphi - x^{,3} \sin \varphi \\ x^{,2} \\ x^{,3} \cos \varphi + x^{,1} \sin \varphi \end{pmatrix} \text{ resp.}$$

$$\begin{pmatrix} x^{,1} \\ x^{,2} \\ x^{,3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x^1 \cos \varphi + x^3 \sin \varphi \\ x^2 \\ x^3 \cos \varphi - x^1 \sin \varphi \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

neboli v často používaném maticovém zápisu

$$x^i = \sum_{j=1}^3 a_j^i x^{,j} \text{ resp. } x^{,i} = \sum_{j=1}^3 A_j^i x^j, \quad i=1,2,3 \quad (2.2)$$

kde matice koeficientů jsou

$$a_j^i = \begin{pmatrix} \cos \varphi, & 0, & -\sin \varphi \\ 0 & 1, & 0 \\ \sin \varphi, & 0, & \cos \varphi \end{pmatrix} \text{ resp. } A_j^i = \begin{pmatrix} \cos \varphi, & 0, & \sin \varphi \\ 0 & 1, & 0 \\ -\sin \varphi, & 0, & \cos \varphi \end{pmatrix}. \quad (2.3)$$

Libovolnou rotací lze rozložit na tři postupná otočení kolem pevných os a vyjádřit vzorci (2.2). Tvar matice  $a_j^i$  resp.  $A_j^i$  je pak ovšem složitější.

Protože délka tyče se při rotaci nemůže změnit, dostáváme z Pythagorovy věty

$$(x^1)^2 + (x^2)^2 + (x^3)^2 = (x^{,1})^2 + (x^{,2})^2 + (x^{,3})^2, \quad \text{tj.}$$

$$\sum_{i=1}^3 (x^i)^2 = \sum_{i=1}^3 (x^{,i})^2 \quad (2.4)$$

Podle (2.2) pak

$$\sum_{i=1}^3 (x^i)^2 = \sum_{i,j,k}^3 a_j^i a_k^i x^{,j} x^{,k} \quad (2.5)$$

(a analogicky pro  $A_j^i$ ).

To platí pro libovolná  $x^i$ , takže porovnáním levé a pravé strany (2.5) dostáváme tzv. relaci ortogonality

$$\sum_{i=1}^3 a_j^i a_k^i = \delta_{jk}, \quad (2.6)$$

kde Kroneckerův symbol  $\delta_{jk} \equiv \begin{cases} 1 & \text{pro } j=k \\ 0 & \text{pro } j \neq k \end{cases}$

Čtenář se snadno přímým dosazením přesvědčí, že nyní vskutku bude (2.4) splněno:

$$\sum_i^3 (x^i)^2 = \sum_{i,j,k}^3 a_j^i a_k^i x^{,j} x^{,k} = \sum_{j,k}^3 \delta_{jk} x^{,j} x^{,k} = \sum_j^3 (x^{,j})^2 .$$

Transformacemi či rotacemi, jejichž speciální případy jsme uvedli, můžeme přecházet od jednoho kartézského systému k jinému.

Nezabýváme se zde nyní přechodem do křivočarých souřadnic, jejichž využití bývá často výhodné v závislosti na symetrii problému (kulová symetrie - sférické souřadnice, axiální symetrie - cylindrické souřadnice apod.).

Obecně můžeme transformace souřadnic zapsat ve tvaru

$$x^{,i} \equiv x^{,i}(x^j), \quad i, j = 1, 2, 3. \quad (2.7.)$$

Tento zápis vyjadřuje, že čárkované souřadnice  $x^{,i}$  mohou být funkcemi všech tří nečárkovaných  $x^j$ . Tvar závislosti (2.7) nemůže být zcela libovolný. Studium různých omezení je však z hlediska tohoto článku nepříliš podstatná podrobnost.

Uvažme nyní dva blízké body v systému S se souřadnicemi  $x^i$ ,  $x^i + dx^i$ . Pak v S' budou čárkované souřadnice prvního bodu určeny formulí (2.7). Z Taylorova vzorce (o němž se čtenář může dozvědět více v učebnicích diferenciálního počtu) dostaneme

$$x^{,i}(x^j) + dx^{,i}(x^j) \equiv x^{,i}(x^j + dx^j) \cong x^{,i}(x^j) + \sum_{j=1}^3 \frac{\partial x^{,i}}{\partial x^j} dx^j . \quad (2.8)$$

Odečtením vztahů (2.7) a (2.8) získáme transformační předpis pro diferenciály souřadnic:

$$dx^i \rightarrow dx^{,i} = \sum_{j=1}^3 \frac{\partial x^{,i}}{\partial x^j} dx^j, \quad i=1, 2, 3. \quad (2.9)$$

Tím se dostáváme k základní veličině klasické i relativistické mechaniky - tenzoru /2, I.1/.

1. Tenzorem nultého řádu neboli skalárem  $\varphi(x^i)$  ve třírozměrném prostoru nazýváme veličinu, která je invariantní (neměnná) při transformaci souřadnic, tj. při přechodu S  $\rightarrow$  S' popsaném formulí (2.7) platí

$$\varphi(x^i) \rightarrow \varphi(x^{,i}(x^j)). \quad (2.10)$$

Charakteristická je pro skaláry skutečnost, že tvar závislosti  $\varphi$  zůstává stejný. Skalární veličina je určena svou číselnou hodnotou, která závisí pouze na zvolených jednotkách. Příkladem nám může být teplota.

Od těchto tzv. pravých skalárů bývá zvykem odlišovat nepravé skaláry, které jsou charakterizovány transformačními vlastnostmi při inverzi souřadnic

$$x^i \rightarrow x^{,i}(x^j) = -x^i \Rightarrow \varphi(x^i) \rightarrow -\varphi(x^{,i}(x^j)), \quad (2.11)$$

tzn. mění znaménko. Tato podrobnost se vyskytuje také u následujících veličin.

2. Tenzorem prvního řádu - vektorem - označujeme veličinu, která se při (2.7) transformuje stejně jako diferenciály souřadnic (2.9), tj.

$$v^i \rightarrow v'^i = \sum_{j=1}^3 \frac{\partial x'^i}{\partial x^j} v^j, \quad i=1,2,3. \quad (2.12)$$

Vektory jsou např. polohový vektor, rychlost, zrychlení či síla.

3. Obdobně se zavádějí tenzory vyšších řádů. Např. transformace tenzoru 2. řádu má tvar

$$T^{ij} \rightarrow T'^{ij} = \sum_{k,\ell} \frac{\partial x'^i}{\partial x^k} \frac{\partial x'^j}{\partial x^\ell} T^{k\ell}. \quad (2.13)$$

Komponenty  $v^i$  resp.  $T^{ij}$  vektorů resp. tenzorů, jež jsme zde zavedli, označujeme jako kontravariantní. Z fyzikálních a geometrických důvodů se zavádějí tzv. kovariantní složky, které jsou podstatné při studiu obecné teorie relativity (OTR) /1, D2; 11/. V tomto článku se bez nich obejdeme a nebudeme zde proto výklad komplikovat.

Později uvidíme, že v STR ztrácí čas svůj absolutní význam. Transformační vlastnosti tenzorů ve čtyřrozměrném prostoru (který v tomto případě nazýváme prostorčasem), jež pro popis jevů v STR budeme používat, zůstávají stejné:

$$\begin{aligned} x^\mu &\rightarrow x'^\mu = x'^\mu(x^\alpha), \\ v'^\mu &\rightarrow v'^\mu = \sum_{\alpha=1}^4 \frac{\partial x'^\mu}{\partial x^\alpha} v^\alpha, \\ T'^{\mu\nu} &\rightarrow T'^{\mu\nu} = \sum_{\alpha,\beta} \frac{\partial x'^\mu}{\partial x^\alpha} \frac{\partial x'^\nu}{\partial x^\beta} T^{\alpha\beta}, \quad (\mu,\nu) = 1,2,3,4. \end{aligned} \quad (2.14)$$

V kinematice newtonovské teorie se zavádí označení polohového vektoru tělesa v daném systému prostorových souřadnic

$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} x^1(t) \\ x^2(t) \\ x^3(t) \end{pmatrix} \quad (2.15)$$

Šipka označuje, že jde o vektor ve třírozměrném prostoru. Podobně označujeme vektor (okamžitě) rychlosti, tj. časové derivace polohového vektoru, vyjadřující změnu polohy tělesa za jednotku času

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}(t)}{dt} = \begin{pmatrix} dx^1(t) / dt \\ dx^2(t) / dt \\ dx^3(t) / dt \end{pmatrix} \quad (2.16)$$

a vektor (okamžitěho) zrychlení

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}(t)}{dt} = \frac{d^2\vec{r}(t)}{dt^2} = \begin{pmatrix} d^2x^1(t)/dt^2 \\ d^2x^2(t)/dt^2 \\ d^2x^3(t)/dt^2 \end{pmatrix}$$

V kartézském systému **prostorových** souřadnic lze zvolit jako základní vektory (bázi) tři vektory, které mají jednotkovou délku a směr souřadných os:

$$\vec{i} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \vec{j} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \vec{k} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}. \quad (2.17)$$

Každý další vektor lze potom vyjádřit pomocí těchto bázevých vektorů

$$\vec{A} = A^1\vec{i} + A^2\vec{j} + A^3\vec{k}. \quad (2.18)$$

Nakonec zavedeme ještě jeden užitečný pojem, který budeme často potřebovat - skalární součin vektorů  $\vec{A}$ ,  $\vec{B}$ :

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = \sum_{i=1}^3 A^i B^i. \quad (2.19)$$

Speciálně.

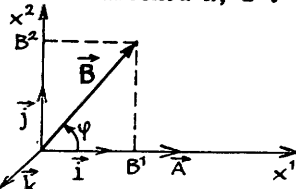
$$\vec{A} \cdot \vec{A} \equiv |\vec{A}|^2 = (A^1)^2 + (A^2)^2 + (A^3)^2 \quad (2.20)$$

je kvadrát délky vektoru  $\vec{A}$ , jak plyne z Pythagorovy věty.

Skutečnost, že veličina (2.19) je skalárem při rotacích kartézského systému, plyne z relace ortogonality (2.6):

$$\sum_{i=1}^3 A^i B^i = \sum_{i,j,k} a_j^i a_k^i A^j B^k = \sum_{j,k} \delta_{jk} A^j B^k = \sum_{j=1}^3 A^j B^j.$$

Její velikost proto stačí určit v libovolně natočených souřadnicích. Výhodné, je např. zvolit osu  $x^1$  ve směru vektoru  $\vec{A}$  a rovinu  $(x^1x^2)$  proložit rovinou určenou  $\vec{A}$ ,  $\vec{B}$ .



obr. 4

$$\text{Tedy } \vec{A} = \begin{pmatrix} A^1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \vec{B} = \begin{pmatrix} B^1 \\ B^2 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Délky vektorů jsou  $|\vec{A}| = A^1$ ,  $|\vec{B}| = B^1/\cos\varphi$ , kde  $\varphi$  je úhel mezi vektory. Zřejmě  $\vec{A} \cdot \vec{B} = A^1 B^1 = |\vec{A}| \cdot |\vec{B}| \cos\varphi$ . Dva vektory nenulové délky jsou navzájem kolmé, když  $\cos\varphi = 0$ ,



tj. když skalární součin je nulový,  $\vec{A} \cdot \vec{B} = 0$ .

### 3. Dynamika v Newtonově teorii

Dosud jsme se zabývali popisem polohy tělesa, příčinu pohybu jsme však ponechávali stranou. Základy dynamiky, která se touto otázkou zabývá, položil v 17. století Isaac Newton.

Newtonovy axiomy pohybu /10; 13; 14; 15/ jsou tři:

1. Každé těleso setrvává ve svém stavu klidu nebo přímočarého rovnoměrného pohybu, není-li vtištěnými silami nuceno svůj stav změnit.
2. Časová změna hybnosti  $\vec{p}$  je úměrná vtištěné síle  $\vec{f}$  a má s ní stejný směr

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{f}, \quad (3.1)$$

kde  $\vec{p} = m\vec{v}$  je hybnost vyjádřená jako součin setrvačné hmotnosti tělesa a jeho rychlosti.

3. Každá akce způsobuje vždy stejnou reakci opačného směru, čili vzájemná působení dvou těles jsou stejně velká a opačného směru.

Podáme krátké vysvětlení významu axiomů /16/.

Pokud na těleso nepůsobí žádná síla, pohybuje se tzv. volným pohybem, který je ve vhodném gourečném systému popsán závislostí kartézských souřadnic  $x^i$  Eukleidova prostoru na absolutním čase  $t$ . Přitom platí

$d^2x^i/dt^2 = 0$ . Takový systém existuje a nazývá se inerciální. Transformace, které mezi sebou převádějí inerciální systémy (IS), se nazývají Galileovy. IS se navzájem pohybují rovnoměrně přímočarě. Pro gravitačně interagující tělesa je formulace 1. zákona komplikovanější. Za privilegované pohyby lze potom považovat volné pády, které jsou ve vhodných souřadnicích charakterizovány pomocí skalární funkce - potenciálu  $\varphi(x^i(t))$  - rovnicemi

$$\frac{d^2x^i}{dt^2} = -\frac{\partial\varphi}{\partial x^i} \quad i = 1, 2, 3. \quad (3.2)$$

Připomeňme, že tento popis interakce soustavy pomocí potenciálu předpokládá nekonečně rychlé působení na dálku. Tvar rovnice (3.2) zůstává zachován při transformacích typu

$$x'^1 = x^1 + a(t), \quad x'^2 = x^2, \quad x'^3 = x^3,$$

$$\varphi' = \varphi - x'^1 d^2a(t)/dt^2. \quad (3.3)$$

Potenciál sám je určen až na aditivní konstantu. Při studiu prostorově omezených zdrojů gravitačního pole lze klást podmínku  $\varphi \rightarrow 0$  daleko od zdroje, což opět privileguje

Galileovy transformace, které jsou speciálním případem (3.3) pro  $d^2a/dt^2 = 0$ . V kosmologických modelech, kdy hmota není rozložena pouze v prostorově ohraničené oblasti, však tuto podmínku klást nemůžeme.

Druhý zákon je třeba doplnit nezávislým vztahem pro sílu. V případě gravitační interakce dvou těles ve vzdálenosti  $r$  má tvar

$$\vec{F} = -G \frac{M_G m_G}{r^2} \vec{r}_0, \quad (3.4)$$

kde  $\vec{r}_0$  je jednotkový vektor ve směru spojnice obou těles. Index "G" označuje konstanty, které nazýváme gravitační hmotností. Pro různá tělesa ji můžeme určit např. tak, že tato tělesa postupně připevňujeme na pružinu a měříme její prodloužení při interakci se srovnávacím tělesem v dané vzdálenosti. Setrvačná a gravitační hmotnost jsou určeny nezávisle vztahy (3.1) a (3.4) a lze je měřit odlišnými postupy. Proto je v Newtonově teorii překvapující, že mezi nimi platí rovnost

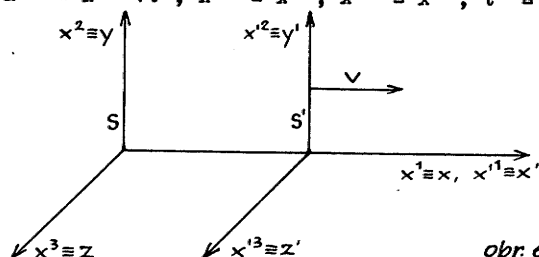
$$M_S = M_G. \quad (3.5)$$

Uvedené tři Newtonovy zákony mají diferenciální tvar a popisují chování dynamické soustavy v určitém časovém okamžiku. Očividně vyhovují z hlediska požadavku kauzality, neboť vývoj systému je jednoznačně určen počátečními polohami a rychlostmi všech těles. Do jisté míry ekvivalentní popis pomocí integrálních principů /13, část II; 14/ má výhodu v tom, že umožňuje hlubší chápání zákonů zachování energie, hybnosti a momentu a momentu hybnosti a že jej lze aplikovat na elektrodynamiku a kvantovou teorii.

Shrňme tedy:

Inerciálních systémů je nekonečně mnoho a vztah mezi nimi je dán Galileovou transformací. Tato transformace určuje souvislost mezi prostorovočasovými souřadnicemi téže události pozorované ze dvou IS a ve speciálním případě podle obr. 6 má tvar

$$x'^1 = x^1 - vt, \quad x'^2 = x^2, \quad x'^3 = x^3, \quad t' = t \quad (x'^4 = x^4) \quad (3.6)$$



obr. 6

Principiálně mohou existovat nekonečně rychlé signály, které lze použít k synchronizaci hodin v různých bodech prostoru. Prostor a čas mají v NT absolutní význam

a časová koordináta se může lišit v jednotlivých systémech pouze o konstantu, jež je v (3.6) zvolena nulová, takže oba systémy splývají v čase  $t = t' = 0$ .

Pokud bychom uvažovali třetí systém  $S''$ , který by se analogicky obr. 6 pohyboval vůči  $S'$  rychlostí  $V$  v kladném směru osy  $x'^1$ , dostali bychom z Galileiho transformace vztah mezi  $S$  a  $S''$

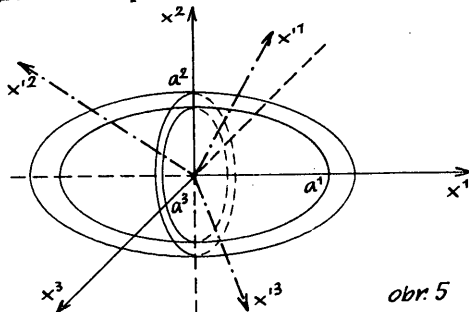
$$x''^1 = x^1 - (V + v)t, \quad x''^2 = x^2, \quad x''^3 = x^3, \quad t'' = t, \quad (3.7)$$

tedy rychlosti se prostě sčítají.

#### Příklad kosmologického modelu v newtonovské fyzice

Kosmologické modely založené na Newtonově teorii (NT) jsou velmi zajímavé, neboť dokáží vysvětlit mnohé pozorované skutečnosti. Podáme zde nástin jednoho takového modelu /3, str. 81; 17, kap. 18; 18, kap. II/. Vyjdeme přitom z astronomických pozorování, která ukazují, že vesmír je s velkou přesností izotropní (a v důsledku toho též homogenní). To znamená, že v každém bodě prostoročasu existuje pozorovatel, pro něhož jsou všechny prostorové směry ekvivalentní - sledováním velkého počtu galaxií, kvasarů ani jiných objektů nemůže žádný ze směrů privilegiovat. Tento fakt bývá označován jako kosmologický princip /např. 4; 18, kap. I/.

V teoretické mechanice se dokazuje, že přidáním vrstvy hmoty k homogennímu elipsoidu při současném zachování jeho tvaru se nemění gravitační pole uvnitř původního elipsoidu.



Postupným přidáváním takových vrstev dostaneme homogenní, obecně anizotropní model, jehož hustota představuje průměrné množství hmoty galaxií a všech ostatních objektů v objemové jednotce. Vývoj tohoto modelu budeme znát, určíme-li vývoj elipsoidu konečné velikosti. Ten je určen zadáním počáteční hustoty  $\rho$ , velikostí polosí  $a^1, a^2, a^3$  a rozložení rychlosti expanze, jež musí být vhodně zvoleny, aby se zachovával původní elipsoidální tvar. Matematicky to znamená řešit Poissonovu rovnici

$$\sum_{i=1}^3 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial (x^i)^2} = 4\pi G \rho, \quad (3.8)$$

$G = \text{gravitační konstanta} = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ .

příčemž potenciál uvnitř elipsoidu je dán vztahem

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{1}{2} \sum_{i,k}^3 \varphi_{ik} x^i x^k, \quad \varphi_0, \varphi_{ik}(a^j) = \varphi_{ki}(a^j) = \text{konst.}$$

(viz obr. 5).

Natočíme-li osy souřadné soustavy do směru os  $a^i$  elipsoidu, zjednoduší se výraz pro potenciál na

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \varphi_{ii} (x^i)^2. \quad (3.10)$$

Tímto postupem lze nalézt řešení i pro neomezené rozložení hmoty, protože, jak jsme odůvodnili, hmota rozložená vně elipsoidu nemá na jeho vývoj vliv. Počátek souřadnic (a tedy též původní elipsoid) lze přitom vzhledem k homogenitě volit libovolně. Výsledkem je expandující model, v němž se každý pozorovatel vzdaluje od svých sousedů až k okamžiku eventuálního bodu obratu a zpětné kontrakce.

Obvyklá dvourozměrná analogie k objasnění této situace je příklad s poutovým balonkem, který pomalujeme na povrchu puntíky a zvolna nafukujeme. Každý puntík se pak vzdaluje ode všech svých sousedů, avšak žádný nemá privilegovanou polohu. Statické řešení v NT (na rozdíl od OTR) neexistuje.

Právě uvedený model tzv. newtonovské kosmologie není zcela bezesporný. Řešíme-li Poissonovu rovnici (3.8) rovnou pro neohraničený elipsoid, aniž bychom prováděli předchozí úvahu o elipsoidu, máme jednu rovnici pro neznámé  $\varphi_{ik}$ , kterých je pět ( $\varphi_{ik} = \varphi_{ki}$ ). Rovnice mechaniky proto nedávají řešení dostatečně. Je to právě způsobeno nepoužitelností požadavku  $\varphi \rightarrow 0$  v nekonečnu.

Speciálně nejjednodušší izotropní modely získáme při  $a^1 = a^2 = a^3$ . Jejich rychlost expanze je stejná jako u známých relativistických Friedmannových modelů. To není náhoda - NT je limitou OTR pro slabá gravitační pole a my jsme ukázali, že chování kosmologického řešení je určeno vývojem libovolně malého elipsoidu (resp. zde koule), kde již NT můžeme použít. Chování světelných paprsků však NT není schopna správně určit (fotony jsou vždy částice relativistické).

Ukázali jsme tedy, že existují kosmologické modely postavené na NT a správně předpovídající řadu pozorovaných skutečností. Matematický aparát této teorie je mnohem snazší oproti OTR a proto se používají tyto modely pro některé aproximační výpočty. Je však třeba mít na paměti meze jejich použitelnosti.

Většina čtenářů bude s dosud provedenými úvahami patrně souhlasit. Mnohem obtížnější situace nastává při přechodu k mechanice STR, ačkoli její základní principy jsou velice přirozené, což o NT nelze tak jednoznačně tvrdit. Newton si byl vědom zásadní důležitosti předpokladů o absolutním prostoru a čase a tyto pojmy přesně objasnil /např. 19, kap. III, § 1; 7, část I.1/.

V STR je význam prostoru a času poněkud odlišný. Ve druhé části článku podáme stručný přehled základů a nejdůležitějších výsledků STR. Některé z nich vyvolávají námítky. Jedná se především o problémy spojené s existencí éteru, interpretaci Michelsonova pokusu a zejména je v centru pozornosti tzv. paradox dodin. Takový zájem je pochopitelný, neboť se jedná o velice fundamentální úvahy a v minulosti se těmto otázkám věnovala řada vynikajících vědců. Nyní však již diskuse na toto téma trvají poněkud zbytečně dlouho a nepřinášejí další nové myšlenky. Zčásti jsou způsobeny nepřesnostmi, které se občas objevují v populárních člancích na toto téma. Abychom se mohli zmínit o některých příčinách nejasností, shrneme stručně základní principy a vztahy STR, které může čtenář nalézt v nepřehrněné řadě monografií /5; 6; 20; 21; 22; 23; 24/.

#### 4. Základní principy speciální teorie relativity

STR je založena na dvou postulátech - principu relativity a principu konstantní rychlosti světla - které hovoří o fyzikálních jevech v inerciálních soustavách, tj. soustavách vybavených kartézským systémem souřadnic, v němž se tělesa nepodrobená žádným vnějším silám pohybují rovnoměrně přímočaře.

- 1) Všechny IS jsou v navzájem recipročním vztahu, takže veškeré fyzikální děje probíhají za stejných podmínek stejně. Všechny IS jsou pro formulaci veškerých fyzikálních zákonů rovnocenné.
- 2) Rychlost světla ve vakuu, měřená v libovolné IS, je vždy stejná, nezávisle na pohybu zdroje (toto tvrzení je samozřejmě třeba důkladně experimentálně ověřit).

Poslední postulát vyžaduje ovšem vzdát se představy éteru jako substance sloužící k přenosu elektromagnetických signálů, jakož i představy absolutního času.

Je třeba znát postup, jak vytvořit kartézský systém souřadnic a provést synchronizaci hodin. K sestrojení osového trojúhřanu můžeme užít ideálních navzájem kolmých měřítek. Za primární metodu k synchronizaci hodin lze považovat postup založený na vyslání signálu ze středu spojnice dvou hodin, které chceme seřídít. Hodiny ukazující týž údaj v okamžiku přijetí signálu jsou synchronizovány. V STR lze tímto postupem umístit do každého bodu prostoru hodiny synchronizované navzájem s ostatními. V teoriích obsahujících hypotézu o éteru je rychlost světla závislá na pohybu inerciálního systému. Z jejich hlediska je proto synchronizace hodin v inerciálním systému pohybujícím se vůči éteru zkreslená.

Rovnocennou metodou je synchronizace hodin na jednom místě a jejich nekonečně pomalé přenesení (tj. čím pomalejší rychlost přenesení, tím přesnější synchronizace). Příčina těchto složitostí v synchronizaci spočívá v konečné a konstantní rychlosti světelných signálů a bude zřejmější po **prostudování** dilatace času v následující kapitole.

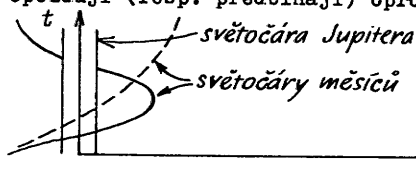
Oba principy obsahují implicitně předpoklad **prostorově-časové homogenity** a **izotropie**, který se používal již v NT -

žádný bod v prostoročasu není privilegovaný, všechny směry v prostoru jsou rovnocenné.

Ekvivalentně lze přijmout princip relativity a Maxwellovu teorii elektromagnetismu, která umožňuje řadu dalších experimentálních ověření.

Jaké je experimentální ověření postulátu o konstantní rychlosti světelné a jaký je jeho vztah k teorii éteru? Bylo by přehnané očekávat, že se podaří v krátkém článku jednoznačně ukázat neudržitelnost interpretace éteru jakožto substance vyplňující veškerý prostor a přenášející elektromagnetické vlnění, jehož podstatou by mělo být chvění této kontinuálně rozprostrané látky. Je pravda, že tato představa je poměrně přirozená, neboť odpovídá výsledkům jednoduchých pozorování; 1. Okamžité působení na dálku neodpovídá skutečnosti; signály se šíří konečnou rychlostí. 2. zvuk - chvění vzduchu (resp. jiné tekutiny či pevné látky), tj. hustotní vlny ve směsi plynů - se nešíří vzhledem k prázdnému (např. z nádoby, z níž byl vyčerpán vzduch). Světlo - elektromagnetické vlnění s vlnovou délkou 400 - 750 nm - postupuje nezávisle na stupni dosaženého vakua. Proto by měla existovat látka, která světlo přenáší.

První úspěšné měření rychlosti světla provedl Römer (1676), který sledoval zákryty Jupiterových měsíčků a zjistil, že během období od konjunkce Země s Jupiterem k opozici (resp. od opozice ke konjunkci) se pozorované začátky zákrytů postupně opožďují (resp. předbíhají) oproti předpovědím.



obr. 7

Maximální rozdíl činí  $\Delta t \cong 1000$  s. To je doba, kterou potřebuje světlo k proběhnutí průměru  $D$  dráhy Země a odtud rychlost světla  $c = D / \Delta t$  (Země se pohybuje po elipse s nepatrnou excentricitou. Její parametry můžeme určit z jiných astronomických pozorování).

Každý se nepochybně přesvědčil o existenci Dopplerova jevu v akustice, tj. o závislosti frekvence slyšeného signálu na pohybu zdroje vzhledem k pozorovateli (připomeňme, že vlnová délka  $\lambda$  souvisí s frekvencí signálu  $\nu$  a rychlostí jeho šíření  $c$  vztahem  $\lambda = c / \nu$ ). Tento jev je způsoben tím, že 1. rychlost šíření zvuku ve vzduchu je konečná a je dána závislostí jeho tlaku na hustotě (tuto rychlost určují pozorovatelné nehybní vůči hmotě okolního prostředí - kontinua představujícího referenční soustavu klidu), 2. zdroj signálu a jeho příjemce jsou ve vzájemném radiálním pohybu, vzdalují se či přibližují. V [1, kap. 3.2.7] je ukázáno, že pozorovatel přijímá frekvenci

$$\nu = \frac{c - u}{c} \nu_0, \text{ kde } c \text{ je rychlost šíření signálu,}$$

v rychlost zdroje, u rychlost pozorovatele vůči klidnému prostředí a  $v$  frekvence kmitů zdroje v klidu. Později uvidíme, že tento tzv. longitudinální akustický Dopplerův jev má svou analogii v STR, ačkoli zde hypotéza o prostředí, které signál přenáší, nevystupuje. Navíc v STR přistupuje transverzální Dopplerův jev, který analogii v akustice nemá a který lze experimentálně ověřovat.

Dalším dobře známým jevem je aberace světla, která způsobuje, že pohybující se pozorovatel obecně nevidí zdroj ve směru, v němž se skutečně nachází. Prvně ji našel Bradley (1727) celoročními astronomickými pozorováními polohy hvězd na obloze. Příčinou aberace hvězd je konečná rychlost světla. Při Bradleyho měřeních se projeví tím, že hvězdy opisují na obloze malé elipsy (pozorovatel se spolu se zeměkoulí pohybuje kolem Slunce), čímž tento jev komplikuje geometrické určování vzdálenosti hvězd pomocí jejich paralaxy. Také tento efekt má svou analogii, kterou známe z každodenní zkušenosti: šikmé stopy dešťových kapek na okně jedoucího vlaku.

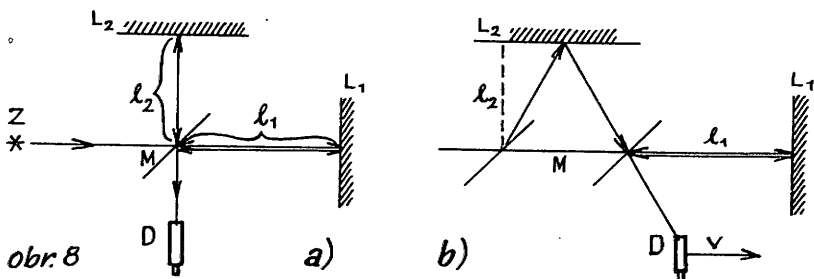
Vzniká dlouhá řada otázek na společné téma: Jak tyto a další jevy vysvětlí různé teorie prostoru a času? Která z nich umožní konzistentním způsobem objasnit všechna experimentálně ověřená fakta? Důležité jsou v tomto směru experimenty určující v různých situacích rychlost světla.

Zmíníme se o Michelsonově pokusu, který nepochybně patří k nejproslulejším pokusům s negativním výsledkem. Poprvé byl uskutečněn v Postupimi. Po nezbytném zdokonalení a zvýšení přesnosti jej provedli Michelson a Morley roku 1887 v Clevelandu. Tento experiment byl později mnohokrát s obměnami opakován, přičemž technické uspořádání bylo stále komplikovanější a důmyslnější, než prosté principiální schéma.

Je pravda, že dnes je Michelsonův pokus častěji citován než podrobně vysvětlován. Někdy se proto objevují nedůvěřivé poznámky a dotazy, co vlastně bylo měřeno, jakým způsobem, a jakou přesností a s jakou interpretací. K prvnímu seznámení s ním lze použít zkrácenou verzi společného Michelsonova a Morleyho článku uvedená v /7, část I.3/, dále pak /1, kap. 7.4.3; 20, kap. III. 43/ s množstvím příkladů a citací.

Základem pokusu jsou Maxwellovy práce z r. 1879 upozorňující na nové možnosti měření rychlosti světla teoretickými metodami. Jde jednak o tzv. Maxwellův efekt, určující absolutní pohyb Slunce vůči éteru zpřesněním Römerových měření, jednak o experiment, který by měl určit rychlost Země vůči éteru. Ten provedli s dostatečnou přesností právě Michelson a Morley o osm let později.

Světlo zdroje Z dopadá pod úhlem  $45^\circ$  na polopropustné zrcátko M, kde se rozdělí na část odraženou a propuštěnou. První z nich projde dráhu k bodu  $L_2$  a odrazí se zpět na kolmém zrcátku, druhá se obdobně odrazí po průchodu dráhy k  $L_1$ . V místě M světlo interferuje a vytváří proužky, které pozorujeme v dalekohledu D. Jejich poloha závisí na časovém rozdílu, který vznikne při průchodu paprsků jednotlivými rameny. Tento časový rozdíl lze vyjádřit pomocí rychlosti přístroje vůči éteru a rozdílu v délce ramen  $l_1 - l_2$ . Jestliže např.



obr. 8 Schema pokusu z hlediska soustavy klidné a pohybující se vůči hypotetickému éteru.

v nějaké poloze byla rychlost  $v$  přístroje rovnoběžná s ramenem  $l_1$ , pak

$$\Delta t = t_1 - t_2 \quad , \quad \text{kde} \quad (4.1)$$

$$t_1 = \frac{l_1}{c - v} + \frac{l_1}{c + v} = \frac{2l_1 c}{c^2 - v^2} \approx 2l_1(1 + \beta^2)/c \quad , \quad \beta \equiv v/c; \quad (4.2)$$

$v \ll c$

$$t_2 = \frac{2l_2}{\sqrt{c^2 - v^2}} = 2l_2(1 + \beta^2/2)/c \quad , \quad (4.3)$$

takže při  $l_1 = l_2 = l$  (pro jednoduchost klademe délku ramen stejnou)

$$\Delta t = \beta^2 l / c \quad . \quad (4.4)$$

Po otočení přístroje o  $90^\circ$  se úloha obou ramen vymění, změní se tak znaménko ve (4.1)

$$\Delta t \rightarrow -\Delta t \quad (4.5)$$

a při nenulové rychlosti ( $\beta \neq 0$ ) se tudíž posune poloha interferenčních proužků.

Pro dosažení potřebné přesnosti je třeba sestavit precizní přístroj s dostatečně velkou vzdáleností  $l$ . Michelson s Morleyem proto využili vícenásobného odrazu. Jinak by musel být přístroj neúnosně velký. Odrazná zrcátka byla uchycena ve třech bodech tak, že jejich poloha mohla být dorovnána. Polopropustné zrcátko M mělo přední stranu pokovenou, zatímco zadní k odrazu prakticky nepřispívalo. Vliv průchodu propuštěného světla vrstvou skla zrcadla M se kompenzoval destičkou skla umístěnou do cesty odraženému paprsku. Odrazná zrcátka byla umístěna po čtyřech v rozích masivní kamenné otočné plošiny. Pro zamezení otřesů a deformací tato plošina plavala na rtuti a zvolna rotovala kolem svislé osy jednou za šest



minut. V popisu technických detailů bychom mohli dlouho pokračovat. Podstatný je především výsledek: Při prvních měřeních byl posuv proužků alespoň dvacetkrát menší oproti očekávané hodnotě a nebyl nalezen ani dalšími více než tisíckrát přesnějšími metodami se zdroji světla pozemského i astronomického původu.

Závěrem experimentu je skutečnost, že pohyb Země nemá vliv na měřenou rychlost ani s přesností do členů řádu  $\beta^2$ . Vysvětlením může být naprosté strhávání éteru pohybující se Zemí. V blízkosti pohybujícího se tělesa by se tedy éter pohyboval vůči celkovému pozadí. Tento názor je však v rozporu s měřením vlivu rychle se pohybujících těles na světelné signály a s Michelsonovými pokusy prováděnými v různých nadmořských výškách /19, I, §15/.

Lorentz a Fitzgerald navrhli kontrakční hypotézu (zkracování délek), která spolu s dilatací (prodlužováním) času významně doplnila Lorentzovu elektronovou teorii. Podle této hypotézy nemůžeme předpokládat, že rozměry těles a chod hodin nezávisí na jejich pohybu vůči éteru, poněvadž elektromagnetické síly mezi nabitými částicemi, které toto těleso tvoří, na rychlosti závisejí. Jestliže se všechna tělesa ve směru své rychlosti zkracují  $1/\gamma$ -krát (zde jsme zavedli označení  $\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2}$ ), nemůže pozorovatel pohybující se s tělesem kontrakci zjistit, neboť jeho měřítka se zkracují stejně jako všechna ostatní tělesa. Negativní výsledek Michelsonova pokusu je tím vysvětlen, protože obě ramena nemají ve skutečnosti stejnou délku  $l$ , rameno ve směru pohybu je kontrahováno oproti kolmému ramenu a jeho správný rozměr je  $l/\gamma$ .

Kdybychom provedli celý výpočet pro Michelsonův pokus s obecně nestejnými rameny  $l_1 \neq l_2$ , zjistili bychom, že ani kontrakční hypotéza nevylučuje určení rychlosti v přístroje vůči éteru. To bylo obsahem Kennedyho-Thorndikeova pokusu (1932). Výsledek byl opět negativní, což podle Lorentzovy teorie bylo možné vysvětlit dilatací času v soustavě, jež je v pohybu vůči éteru.

Uvidíme, že kontrakce délek a dilatace času vystupují i v STR, ovšem se zcela odlišnou interpretací. Uvedenými pokusy, založenými na měření rychlosti světla, tudíž není nikterak možné určit rychlost Země vzhledem k éteru.

Teorie éteru má však i další obtíže. Polarizační experimenty potvrzují, že světlo má charakter příčného vlnění. Příčné vlny se mohou šířit pouze v látkách vykazujících tzv. tečnou napětí (nikoli v kontinuu typu ideální plyn či kapalina). Takovou vlastnost mají pevné látky. Rychlost šíření vln plyne z teorie kontinua a je určena vlastnostmi prostředí. Vysoká rychlost světla vyžaduje, aby substance tvořící éter měla malou hustotu a, v případě tekutin, též vysoký tlak. Uvnitř těles musí být éter více kondenzován, neboť tam má světlo menší rychlost. Jeho mechanické vlastnosti jsou velice zvláštní, protože knity s velkou frekvencí - světlo - přenáší podobně jako pevná látka zvuk, zatímco pohybujícím se objektům neklade pozorovatelný odpor. Analogii můžeme nalézt

např. v chování skla: dobře přenáší zvukové vlny relativně vysoké frekvence, ale při pozvolném dlouhodobém zatížení, které může odpovídat poměrně pomalému pohybu kosmických těles, se deformuje a chová se jako kapalina. Mechanický odpor éteru by měl být ovšem prakticky nulový.

Velkou komplikací jsou podélné kmity, které vždy doprovázejí příčné. Opět z teorie kontinua plyne, že podélné kmity se šíří obecně jinou rychlostí než příčné a i kdybychom vytvořili vlnění s pouze příčnými kmity, podélné vzniknou automaticky při průchodu jakýmkoli rozhraním či odrazu na něm. Tyto kmity nebyly nikdy pozorovány.

Ačkoli na teorii éteru pracovala řada vynikajících vědců, nepodařilo se vytvořit teorii neodporující veškerým pozorováním. Dnes proto tyto představy považujeme za neuspokojivé, i když znamenaly veliký pokrok od hypotézy okamžitého působení na dálku.

Skončíme na tomto místě odůvodňování principu relativity a principu konstantní rychlosti světla s tím, že teorie založené na preferenci některého systému, v nichž prostor a čas měly samostatný absolutní význam, jsou v rozporu s pozorováními a tedy nevyhovují. Podáme nyní nástin STR, která vychází z obou principů. Ještě připomeneme, že konstantní rychlost světla je důsledek principu relativity a Maxwellovy rovnice elektromagnetického pole /2/. Maxwellova teorie, popisující ohování nabitých částic a šíření elektromagnetických signálů, byla již nescíslněkrát experimentálně ověřována. Pro názornost se však požadavek na rychlost šíření světla často formuluje samostatně.

(Pokračování v příštím čísle)

Rostislav Rajchl ml.

### Dálkový průzkum Země

Dálkový průzkum Země je aplikovaná vědecká disciplína, která se zabývá snímáním odraženého elektromagnetického záření předmětů nejen na zemském povrchu, ale i nad ním a také v blízkých vrstvách pod ním.

Každý předmět (např. voda, les, sníh, asfaltová silnice) odráží, rozptyluje, polarizuje, ale i vysílá elektromagnetické záření o různé intenzitě v určitém oboru spektra. Říkáme, že se vyznačuje určitou spektrální charakteristikou. Změna spektrální charakteristiky je důsledkem fyziologických nebo fyzikálních procesů v živých či neživých objektech.

Studiem spektrálních charakteristik a jejich změn se zabývá dálkový průzkum Země, prostřednictvím obrazových informací, získaných detektory umístěnými na kosmických nebo letadlových nosičích, v porovnání s údaji pozemního průzkumu. Výsledky se využívají pro účely národního hospodářství jednotlivých zemí, zejména v oblastech zemědělství, lesnictví, geologie, hydrologie, ale i k ochraně životního prostředí.

Z kosmických nosičů slouží dálkovému průzkumu Země meteorologické družice, jejichž detektory jsou televizní kamery, které snímají zemský povrch z výšek nad 1000 km. Speciální snímací zařízení (multispektrální kamery a skanery, radiometry) jsou umístěny na palubách družic, které se specializují na výzkum přírodních zdrojů. Létají na drahách od 600 do 1000 km. Pilotované kosmické lodě a orbitální laboratoře zkoumají zemský povrch z výšek od 200 do 500 km.

Letecký dálkový průzkum zajišťují letadlové laboratoře (např. u nás snímající sovětská AN - 30), operující ve výškách od 500 do 20 000 m. Letadla (500 - 8000 m) a vrtulníky (50 - 2000 m) se používají hlavně na operativní fotografickou dokumentaci zemědělských ploch, havárií technických zařízení (únik ropy, plynu a podobně), vodních a větrných smrští, archeologických nalezišť. V poslední době se dálkový průzkum Země orientuje na fotografování zemského povrchu z malých výšek z Rogallových křídel nebo z dálkově řízených mikroletounů. Nedílnou součástí snímání je pozemní průzkum zájmového území.

Nejjednodušším, nejstarším a zároveň nejpožívanějším detektorem elektromagnetického záření je fotografická deska nebo film. Na kosmických nebo letadlových nosičích jsou umísťovány fotografické kamery, jejichž filmový materiál je citlivý na určitý obor elektromagnetického spektra, v němž předmět odráží nejvíce záření. Používá se černobílých, panchromatických, barevných, ale i filmů citlivých na infračervený obor spektra. Podle parametrů objektivů fotografických kamer a výšky letu použitého nosiče se dosáhne požadované rozlišovací schopnosti zobrazovaného území.

Zemský povrch se nemusí snímat pouze jednou kamerou, ale i tzv. kamerou multispektrální, což je vícekamerový komplex, který má před každým objektivem umístěný filtr propouštějící určité pásmo elektromagnetického záření. Fotografie má navzdory velkému využití v dálkovém průzkumu i podstatnou nevýhodu, protože se snímky vyvolávají v pozemských laboratořích a musí se dopravit z oběžné dráhy.

Naproti tomu nefotografické metody jsou na dopravě nezávislé. Televizní obraz zemského povrchu získaný na palubě meteorologické družice se přenáší pomocí vysílače k pozemskému přijímači. Rozlišovací schopnost však není velká. Poměrně větší rozlišovací schopnost mají skanery a radiometry, které registrují odražené a emitované záření pozemských předmětů pomocí rotujícího nebo kmitajícího zrcátka, které zabírá určitý pás území kolmo na směr letu. Tím, jak se družice na své dráze pohybuje, skládají se pásy za sebou. Záření je zaznamenáno na magnetickou pásku a vysíláno na Zemi. Z naměřené intenzity záření jednotlivých pixelů (tj. obrazových elementů) vytvoří počítač skupiny o stejné intenzitě, barevně je odliší a vytvoří vizuální obraz fotografovaného území.

Teplotu předmětů zemského povrchu zjišťují termální skanery. Jejich detektor mění zachycené tepelné (infračervené) záření na elektrický signál, který je registrován na magnetickou pásku. Jako detektor se může použít i film

citlivý na infračervenou oblast spektra. Stupen odstínu šedi na filmu je úměrný určité teplotě zkoumaného předmětu.

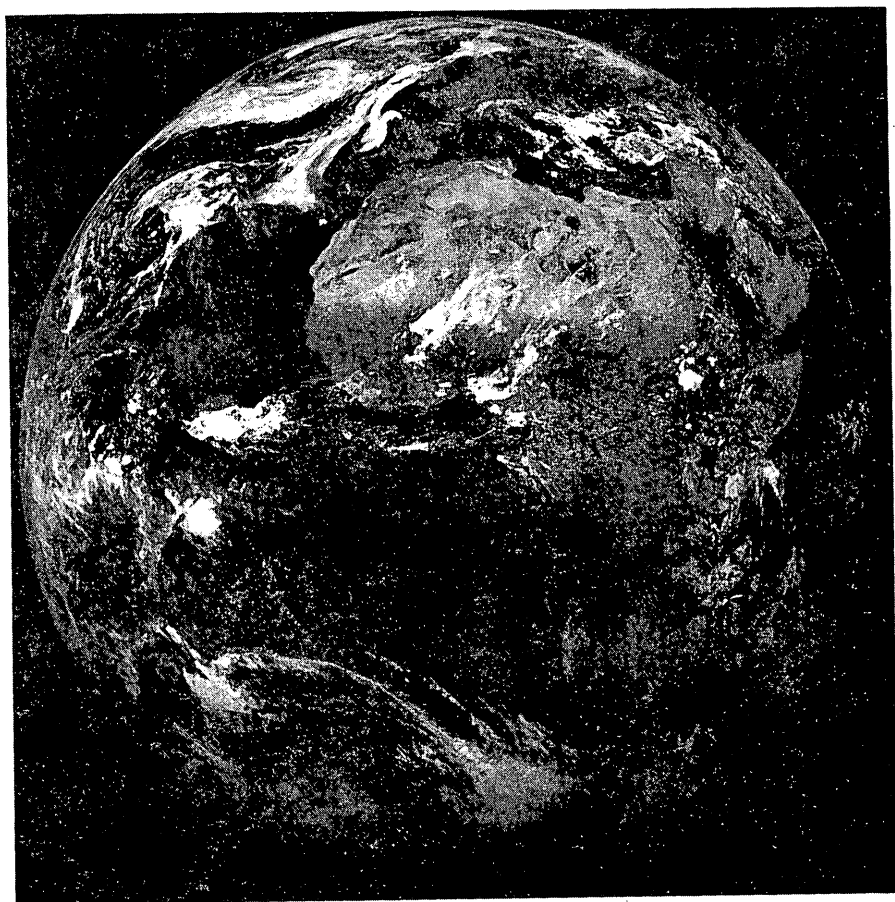
Radiolokační snímání je aktivní metoda dálkového průzkumu, protože oproti ostatním metodám, které zachycují odražené nebo vysílané záření objektů, vysílá pomocí radiolokátorů své vlastní záření k zemskému povrchu. Intenzita odraženého záření se registruje a tím se získává obraz daného objektu. Použití této metody má velkou výhodu v tom, že pracuje s centimetrovými vlnami, které snadno pronikají atmosférou; nevadí jim déšť ani vodní pára. Protože centimetrové vlny mohou procházet podpovrchovými vrstvami hornin, používá se radiolokační metoda pro mapování geologických struktur.

Počátky dálkového průzkumu Země můžeme hledat už v době, kdy byl vynesena fotografický přístroj nad povrch Země. Roku 1909 startuje v balonu francouzský fotograf G.I.Tournachon a pořizuje první snímek ze vzduchu. První fotografie z paluby letadla exponoval téhož roku W.Wright, jeden ze slavné dvojice průkopníků létání.

S rozvojem letectví se vyvíjela i letecká fotografie, využívaná kartografií pro tvorbu map a pro vojenské účely. Raketová technika dovolila pořizovat snímky z velkých výšek nad Zemí. První byly exponovány roku 1947 z balistické rakety V-2 z výšky 170 km. Kosmická fotografie prodělala bouřlivý vývoj v souvislosti s pilotovanými lety sovětských a amerických kosmických lodí. Z automatických sond, které se vydávaly za oběžnou dráhu Země, byly pořízeny první fotografie odvrácené strany Měsíce, na snímcích Marsu byly objeveny krátery, sondy přinesly první detailní fotografie planet a jejich měsíců.

Rozvojová etapa dálkového průzkumu Země byla spojena s meteorologickými družicemi. Cílem těchto družic je sledování přírodních dějů v atmosféře a jejich změn, tj. sledování oblačné pokrývky, teploty zemského povrchu a oceánů. I. dubna roku 1960 byla vypuštěna první z meteorologických družic, která pořídila celkem 22 952 snímků Země. Použití meteorologických družic si vyžádalo užití nových, do té doby nepoužitých metod získávání obrazových informací. Nebylo to jen technologické zpracování obrazových dat, nutných pro meteorologickou předpověď, nová byla i operativnost získání snímků v určitém časovém období i volba drah družic. A právě tohoto bylo možno využít i pro dálkový průzkum Země. Už tyto družice byly využívány k mapování mořských ledovců, zjišťování zásob sněhu v horách a vyhledávání tahů ryb v oceánech. Kromě těchto dějů, které se mění s časem, existují ještě děje periodicky se opakující, například sezonní změny vegetace, které zajímají odborníky v zemědělství nebo lesním hospodářství. Tyto změny nelze ze zemského povrchu v globálním měřítku postřehnout. Naopak z určité výšky jsou dobře patrné.

Pro podchycení těchto změn byly na meteorologických družicích instalovány speciální přístroje pro dálkový průzkum Země. Z paluby západoevropské družice Meteosat, umístěné na geostacionární dráze, byl snímán povrch Země ve dvaceti-



**METEOSAT**

1979 MONTH 5 DAY 15 TIME 1225 GMT (NORTH) CH. VIS 1/2  
NOMINAL SCAN/PREPROCESSED SLOT 25 CATALOGUE 1022010164

nutových intervalech ve viditelném a infračerveném oboru spektra. Na fotografických meteorologických družic objevili geologové do té doby neznámé kruhové geologické struktury. Takové struktury byly nalezeny i na území východního Slovenska.

Protože se tyto družice osvědčily při získávání informací pro dálkový průzkum, bylo přikročeno k vypouštění speciálních družic pro výzkum přírodních zdrojů. Sovětský svaz používá satelit Meteor-Priroda, Spojené státy družici Landsat.

Tato specializovaná tělesa obíhají Zemí přibližně v poledníkovém směru a jsou synchronizována se Sluncem, takže snímají zemský povrch vždy v tutéž dobu, v ranních hodinách, kdy vržené stíny zvýrazňují konfiguraci terénu. Velmi rychlá doba oběhu družic dovoluje s přehledem sledovat probíhající změny. První družice serie Landsat (původně označená ERTS) byla vypuštěna roku 1972. Televizní kamery s infračervenými filtry snímaly zemský povrch z výšek kolem 900 km s rozlišením 20 až 50 m. Současné družice tohoto typu jsou vybaveny multi-spektrálním skanerem, který snímá viditelnou a infračervenou oblast spektra tak, že záření rozkládá do několika spektrálních oborů zvlášť a na Země se tyto údaje zviditelní v obraz, skládající se z čtvercové mozaiky. Každý čtverec představuje 79 x 79 m<sup>2</sup> plochy povrchu Země. Protože tyto satelity jsou automaty, snímají Zemí podle stanoveného programu.

Velkým přínosem pro dálkový průzkum Země jsou pilotované dlouhodobé orbitální lety, při kterých kosmonaut přebírá úlohu koordinátora snímkování. Může měnit činnost snímacích zařízení podle oblačnosti, vybírat pohledem přes průzory kabiny zajímavá místa i opravovat případné poruchy přístrojů. Je zajímavé, že jako velice citlivý detektor viditelného elektromagnetického záření může sloužit i lidské oko, kterým člověk už od nepaměti sleduje okolní svět. Historie pilotovaných orbitálních letů odhalila velkou adaptaci zraku v kosmickém prostoru na rozlišování jednotlivých předmětů z velké výšky. Lidské oko má schopnost rozpoznat mnoho odstínů barev a jasů, která je lepší než u fotografického snímku. Další výhodou je operativnost, s jakou dokáže kosmonaut při vizuálním pozorování hlásit například výskyt lesních požárů, momentální meteorologickou situaci, informovat rybářské lodě o poloze rybích hejn atd. Po delším časovém pobytu na oběžné dráze docházela hlášení sovětských kosmonautů o rozeznání velkých podrobností kouřových vleček, jedoucích autobusů i jednotlivých staveb.

Komplexem přístrojů pro dálkový průzkum je vybavena sovětská orbitální laboratoř Saljut. Obsahuje mimo jiné multi-spektrální komoru MKF-6, výrobek závodu Carl Zeiss Jena v NDR, která má 6 samostatných fotonápravářských přístrojů s filtry o různé propustnosti záření. Jednou expozicí se získá 6 snímků stejného území, ale v 6 spektrálních oborech. Rozlišovací schopnost při fotografování z výšky okolo 315 km je 20 až 40 m. Naexpozovaný materiál se vyvolává v pozemských laboratořích. Zatím nejvíce času věnovala experimentům pro dálkový průzkum Země druhá základní posádka Saljutu 7, tvořená kosmonauty Alexandrovem a Titovem. V 60% pracovního času pořídili pomocí MKF-6 3000 multispektrálních, kolem 1000 fotogrammetrických a 20 000 fotografických snímků zemského povrchu, představujících plochu okolo 100 milionů km<sup>2</sup> území SSSR. 50 hodin věnovali vizuálnímu pozorování. Fotografické snímkování je v současné době jednou z nejpoužívanějších metod dálkého průzkumu Země a výhodné je především v zemědělství.

Na konci dvacátých let našeho století se letecká fotografie používala v zemědělství, zejména při inventarizaci půdního fondu, vegetačního krytu a vodních ploch. Později, při použití spektrální fotografie, se začalo pomocí snímkových informací s předpovědmi a hodnocením úrody, sledováním škod

a eroze půd. Na podchycení spektrální charakteristiky zemědělských plodin se používá převážně fotografického materiálu, který je citlivý na záření dalších vlnových délek, tj. za červeným oborem spektra se zobrazují některé druhy zemědělských kultur výrazně odlišnými odstíny šedé barvy. Během několika hodin se dá ze snímku pořízeného z družice poznat, o jaký druh plodiny se jedná. Přesnost rozlišení kultur se pohybuje okolo 90%. Jako příklad můžeme uvést zkušební šetření v oblasti Císařského ostrova v Kalifornii, kde se podařilo během 40 hodin jednomu pracovníkovi rozeznat přes 25 různých osovů na 8865 polích. Na základě takovýchto poznatků se vypracovávají předpovědi celosvětové produkce obilovin, což má velký politický a ekonomický význam.

V Kalifornii ještě chvíli zůstaneme. Na pokusných plochách byla předpovězena úroda hroznů. Na počátku sklizně se mezi řádky révy vykládaly sklizené hrozny na bílou folii do hromádek o známé váze. Z leteckého snímku se spočítají hromádky a určí se úroda z celé plochy. Zjištěné výsledky se aplikují na ostatní vinice. Samozřejmě, že dálkový průzkum Země nám hektarové výnosy neukáže s velkou přesností, ale pro velké zemědělské celky je to spolehlivá metoda. Pro malá pole se hodí tradiční metody zjišťování výnosů.

Letecká fotografie může být velice užitečná při zjišťování rozsahu a stupně poškození lesního porostu. Pomocí snímků pořízených z letadel nebo vrtulníků se dá určit plocha polomů, ale také účinek průmyslových exhalací nebo napadení biologickými organismy. Úkol nespočívá tedy jen v samotném určení rozsahu škod, ale - a to je velmi důležité - v podchycení začátku působení škodlivých vlivů na lesní porost.

Průmyslové nebo biologické napadení porostu se projevuje úbytkem asimilačních orgánů rostliny (listů, jehličí) a zeleně listové. Úbytek chlorofylu se projeví poklesem odrazivosti slunečního záření a posunem ke kratším vlnovým délkám spektra. Napadený strom má více prosvětlenou korunu, přibývá podíl větví vůči asimilačním orgánům. Chování zdravých napadených stromů se projeví průkazně na infračerveném fotografickém materiálu. V nejvyšší fyziologické aktivitě - to je koncem jara a začátkem léta - se zdravé listnaté stromy jeví na tomto materiálu jako červené nebo vínově červené. Jehličnatý porost odráží infračervené záření méně než listnatý.

Jestliže strom odráží infračervené záření více nežli záření viditelné, jeví se na negativu jako červený. Jestliže předmět odráží celkové záření, projeví se na infračerveném materiálu (stejně jako na obyčejném) jako bílý. Stromy žloutnoucí na podzim nebo zbarvené jinou příčinou do žluta nebo červena stále ještě odrážejí určité infračervené záření, přičemž se jeví na negativu jako žluté a bílé. Jestliže předmět pohlcuje infračervené záření, zobrazí se jako modrý nebo žlutý. Mrtvé jehličí se na tomto materiálu projeví v barvě zelené nebo modrozelené, neboť neodráží infračervené záření. To jsou hlavní fyzikální kritéria rozlišení zdravých nebo napadených stromů.

Nyní si ukážeme na několika konkrétních případech užití

dálkového průzkumu Země při zjišťování škod vzniklých napadením porostu průmyslovými exhalacemi a biologickými škůdci.

Škody způsobené exhalacemi se objevují už v minulém století. Byly spíše lokálního charakteru. Skutečným problémem se stalo průmyslové znečištění krajiny až po druhé světové válce, kdy s rozvojem průmyslu a energetiky exhalace překračují hranice států a stávají se mezinárodním problémem. Zvláště nebezpečný je oxid siřičitý, který vzniká jako produkt při zpracování nafty. Dokumentujeme si jeho zhoubnou činnost, jak nám jí pomáhá odhalovat dálkový průzkum Země.

V naší republice se rozsah škod odhaduje na 27% z celé výměry lesů. U Jizerských hor to představuje více než 25 000 ha lesní půdy. Zdroj napadení není jen oxid siřičitý, ale z organismů je to obaleč modřínový a v poslední době ještě nebezpečnější kůrovec. Aby se zjistil rozsah škod způsobených exhalacemi a určilo se množství postřiku potřebného k použití proti organismům, bylo použito některých metod dálkového průzkumu. Od roku 1980 byly Jizerské hory snímkovány vrtulníky a letadly. O dva roky později se začíná na dálkovém průzkumu Jizerských hor počítat v rámci spolupráce se Sovětským svazem létající laboratoř AN-30.

V případě Jizerských hor byla odzkoušena digitální interpretace infračervených snímků poškozených oblastí. Barevný spektroskopální snímek je na speciálním zařízení rozložen na tři černobílé obrazy v červené, zelené a modré oblasti spektra. Pomocí čtvercové sítě, kterou je obraz rozdělen, přístroj změří optickou hustotu jednotlivých obrazových elementů (pixelů). Naměřené hodnoty jsou uloženy v číselné formě na magnetickou pásku a ta vložena do počítače, který určité hustotě přiřadí určitou barvu. Takto zpracovaná optická data počítač převede opět do snímkové podoby. Digitálně zpracovaný snímek je složen z pixelů, jejichž plocha je přibližně rovná velikosti koruny stromu. Pomocí barevného odlišení poznáme na první pohled zdravý, napadený nebo už mrtvý strom a můžeme procentuálně stanovit jejich počet. Tato metoda se samozřejmě neobejde bez podpůrného pozemního průzkumu. Jeho úkolem je zjistit vzorové typy poškození.

Digitalizovaný snímek slouží k rychlému stanovení počtu poškozených stromů na určité ploše. Je velice důležitý jako podklad pro tvorbu digitálně zpracovaných lesních hospodářských plánů, které jsou klasickou formou obnovovány jednou za 5 až 10 let, a to většinou odhadem. Není třeba zdůrazňovat, že dálkový průzkum v tomto případě ušetří čas, pracovní síly a přitom zpřesní výsledné údaje. Informací z digitálně zpracovaného snímku se použije také ke stanovení optimální doby pro těžbu poškozené dřeviny, která ještě nehnije, ale ani nepřirůstá.

Z rozborů získaných prostřednictvím informací dálkového průzkumu Země z letadlových nosičů vyplývají některé závislosti působení oxidu siřičitého na lesní porosty. Se stoupající nadmořskou výškou dochází k většímu účinku imisí na porost. Stromy mladší 50 let jsou vůči imisím oxidu siřičitého odolnější než porosty starší 50 let, které už nemají



dostatek obranných mechanismů. Velikou úlohu hraje také poloha lesního porostu vůči zdroji znečištění. Na napadených lokalitách byla vždy překročena nejvyšší přípustná koncentrace oxidu siřičitého.

Z uvedeného vyplývá, že dálkový průzkum disponuje metodami, které se mohou použít k ochraně životního prostředí. Ekologům se tím dostává do rukou prostředek, který může svými průkaznými metodami usvědčovat původce znečištění. Státní ochrana přírody tak získá rychle a ekonomicky vlastní informace pro svou nelehkou, ale velmi užitečnou práci.

## Z NAŠICH A ZAHRANIČNÍCH PRACOVÍŠŤ

Práce publikované v Bulletinu Čs. astronomických ústavů  
Vol. 36 (1985), No 1

Přenos záření ve spektrálních čarách vně místní termodynamické rovnováhy při neúplné redistribuci podle frekvencí

### 2. Metoda ekvivalentních dvouúrovňových atomů

I. Hubený, Astron. ústav ČSAV, Ondřejov

Jsou nalezeny rovnice pro přenos záření v plynu sestávajícím z mnohoúrovňových atomů. Ukazuje se, že v jednoduchém případě, kdy se odchylky od úplné redistribuce berou v úvahu pouze pro jeden vybraný přechod, může být obecný problém řešen pomocí modifikované metody ekvivalentních dvouúrovňových atomů. Autor zformuloval takovou modifikaci, pomocí níž lze řešit úplnou úlohu jednoduchými iteracemi.

Pozorování 254 meteorů pomocí televize ze dvou stanic.

### 1. Trajektorie

T. Sarma, J. Jones, Department of Physics, Univ. of Western Ontario, Canada

Meteory se pozorovaly z dvou stanic pomocí dvou televizních soustav při nízkém jasu (abs. magnitudy byly v rozmezí 0,5 až 8,5). Trajektorie v zemské atmosféře, rychlosti, pozorovaná jasnost meteorů a jejich hmotnosti jsou uvedeny spolu s počáteční a konečnou výškou nad obzorem a s výškou odpovídající maximální svítivosti.

Vliv časové změny druhé zonální harmoniky na pohyb pólů

M. Burša a M. Šidlichovský, Astron. ústav ČSAV, Praha

Autoři odvodili změny amplitudy a frekvence pohybů zemských pólů způsobené změnami druhé zonální harmoniky gravitačního pole Země.

Další srovnávání modelů Země pomocí vázaných koeficientů  
J. Klokočník, Astron. ústav ČSAV, Ondřejov

V práci se dále rozvíjí srovnání vázaných koeficientů získaných pomocí rezonančních poruch drah družic nebo z řešení pro jednotlivé harmonické koeficienty v modelu gravitačního potenciálu Země. Poněvadž jde o nezávislé informace, lze takto odhadnout přesnost daného modelu.

Vztah mezi optickou jasností meteorů a vlastnostmi ionizované stopy

III. Pozorování ze dvou stanic (výsledky ondřejovských expedic v letech 1972 a 1973)

V. Znojil, J. Hollan, Hvězdárna a planetárium M. Kopernika, Brno  
M. Šimek, Astron. ústav ČSAV, Ondřejov

Poslední část serie prací věnovaných výsledkům expedice, na nichž se pozorovalo současně bez přístrojů, pomocí teleskopů a pomocí radaru. V této práci je m.j. odvozen lineární vztah mezi absolutní magnitudou meteorů a logaritmem lineární hustoty meteorů.

Přítok meteoroidů a narušení ionizace

W.J. Baggaley, Department of Physics, Univ. of Canterbury, Christchurch, New Zealand

Sezónní změny každodenního maxima přítoku radiometeorů se porovnávají s poruchami ionizace ve vysoké atmosféře. Výsledky 37 let sondáže atmosféry a 4 let měření toku meteorů se použily k hledání vztahu mezi těmito jevy.

Pozorování slunečních skvrn v Čechách roku 1139

L. Křivský, Astron. ústav ČSAV, Ondřejov

Autor věnuje pozornost pozorování skvrn - prvému svého druhu v Čechách - uskutečněnému před 25.6.1139. Tento fakt byl zaznamenán v kronice Kanovníka vyšehradského.

Práce publikované v Bulletinu Čs. astronomických ústavů  
Vol. 36 (1985), No 2

Slapový vývoj k rotačně-orbitální rezonanci

M. Šidlichovský, Astron. ústav ČSAV, Praha

Je odvozeno analytické řešení rovnic pro slapový vývoj kruhových rovníkových drah hmotného bodu kolem slapově deformovaného trojosého tělesa. Zpomalení rotace v důsledku přenosu momentu hybnosti se bere v úvahu. Stručně se rozebírá vliv rezonancí.

## Změny Venušiny rotace

M. Burša, Astron. ústav ČSAV, Praha

Studují se změny rychlosti rotace této planety, jejichž příčinou jsou momenty od nezonálních harmonik v afroditopotenciálu způsobované Zemí. Tyto momenty se srovnávají se slapovými momenty způsobovanými Sluncem. Výsledky nepodporují hypotézu, podle níž Země podstatně ovlivňuje rotaci Venuše.

Celková jasnost bílé korony při zatmění Slunce 16.II.1980

M. Rybanský, V. Rušin, Astron. ústav SAV, Tatranská Lomnica

Pro uvedené úplné zatmění Slunce určili autoři celkovou jasnost bílé korony rovnající se  $1,29 \cdot 10^{-6}$  jasnosti Slunce pro vlnovou délku 570 nm. Bez ohledu na téměř sférický tvar bílé korony v době maxima sluneční činnosti pocháží většina záření z ekvatoriálních oblastí Slunce ( $\pm 45^\circ$ ).

Změny celkové jasnosti sluneční korony během slunečního cyklu

V. Rušin, M. Rybanský, Astron. ústav SAV, Tatranská Lomnica

Autoři upozorňují na dobrý souhlas mezi celkovou jasností (ve standardní oblasti  $1,03-6 R_\odot$ ) a fází slunečního cyklu. Tato veličina kolísá v rozmezí 0,48 - 1,42 (v milionech zářivosti slunečního disku).

Analýza erupce z 16.V.1981 s komplexní prostorovočasovou strukturou při použití optických, rentgenových a rádiových pozorování

V.N. Iščov, (IZMIRAN u Moskvy) a 11 spoluautorů

Z heliogramů získaných pomocí přebudovatelného H $\alpha$  filtru, dynamických spekter rádiového záření, registrace erupce na řadě frekvencí a měření rentgenového záření na družici Prognoz 8 se podrobně analyzovala velká erupce na Slunci. Tato erupce má složitou prostorovočasovou strukturu a je třeba ji chápat jako soubor slabších erupcí probíhajících postupně na různých místech aktivní oblasti.

Kvazidvouleté oscilace ve sluneční aktivitě

E.M. Apostolov, Geofyz. ústav Bulharské AV, Sofia

Pomocí různých statistických metod se analyzovaly měsíční průměry relativních čísel z období 1749-1981. Závěrem je zjištěno, že existují oscilace s periodou 25,6 měsíce. Doba existence těchto oscilací je 1 sluneční cyklus, během něhož proběhne 5 oscilací.

Pozorování 454 meteorů pomocí televize ze dvou stanic

II. Dráhy

J. Jones, T. Sarma, Department of Physics, Univ. of Western Ontario, Canada

Autoři publikují orbitální elementy a jejich pravděpodobné chyby. Pozorování jsou z období květen 1981 - srpen 1982. Obě skupiny meteorů - kometární a asteroidální - se rovněž vyskytovaly v tomto souboru. Kometární meteorů však vykazují větší rozptyl než u fotografických pozorování. Rada televizních meteorů měla afélium dále než 3 AU a jejich pohyb byl retrográdní.

Pozorování 454 meteorů pomocí televize ze dvou stanic

### III. Populace

J. Jones, T. Sarma, Department of Physics, Univ. of Western Ontario, Canada

Z. Ceplecha, Astron. ústav ČSAV, Ondřejov

I mezi televizními meteorů byly zaregistrovány "hladin" A a C zjištěné dříve pomocí super-schmidtů. Pro C (vyšší z obou hladin) je základním mechanismem předávání tepla vyzařování. V případě A se jeví jako rozhodující vedení tepla do vnitřku meteoroidu.

Sledování některých aspektů slunečních erupcí v  $H\alpha$ , které mají různé vizuální vlastnosti

T. Chakravorty, T.K. Das, M.K. Das Gupta, Centre of Advanced Study in Radio Physics & Electronics, Calcutta, India

Erupce v  $H\alpha$  s různými vizuálními vlastnostmi jsou v práci podrobně analyzovány. Přitom se berou v úvahu základní charakteristiky erupcí a jejich souvislost s rádiovými vzplanutími a se slunečními skvrnami.

- pan -

### 9. evropské symposium o kosmickém záření

V době od 20. do 25. srpna 1984 probíhalo v Košicích v prostorách Vysoké školy technické 9. evropské symposium o kosmickém záření. Zúčastnilo se ho kolem stovky zájemců o tento vědní obor z 13 evropských a 2 zámořských zemí (Bulharska, ČSSR, Finsko, Francie, Holandska, Itálie, Maďarska, NDR, Polsko, Řecko, SSSR, Švýcarsko, Velké Británie, Mexiko a USA).

Účastníci se scházeli na plenárních zasedáních, kde zaznělo 13 přehledových referátů (Bumba: Magnetické pole na Slunci; Čudakov: Výsledky měření kosmického záření pod zemí; Engelman: Měření na HEAO-3 a složení kosmického záření; Erlykin: Primární kosmické záření v oblasti  $10^{11} - 10^{15}$  eV; Flückiger: Účinky magnetosférických proudů na kosmické záření; Grigorov: Vysokoenergetické elektrony; Kočarov: Plasmové účinky v slunečním kosmickém záření; Perez-Peraza: Azimutální přenos slunečních erupčních částic; Šimák: Nepružné hadronové interakce při energiích nad TeV; Strugalski: Rozbor údajů o srážkách hadron-jádro a jádro-jádro; Wdowczyk: Význam vysokoenergetického elektromagnetického záření při řešení problému původu a šíření kosmického záření; Wenzel: ISEE- Výsledky urychlení energetické částice spojené s mezi-

planetární rázovou vlnou; Wolfendal: Kosmické gama záření a mezihvězdné prostředí); a mimo to pracovali ve třech sekcích s názvy: Kosmické záření v heliosféře, kde bylo předneseno 35 původních referátů; Kosmické záření v galaxii, kde bylo předneseno 20 původních referátů, týkajících se problémů struktury kosmického záření v galaxii, gama záření a pod.; a Kosmické záření při vysokých energiích, kde zaznělo asi 30 původních referátů.

Podrobněji se zmíním o sekci první (Kosmické záření v heliosféře), neboť jednání v této sekci jsem se zúčastnila: Referáty se týkaly slunečního kosmického záření v souvislosti se sluneční činností, šíření slunečního kosmického záření do meziplanetárního prostoru, struktury meziplanetárního prostoru během Forbushových efektů, měření slunečního kosmického záření na družicích. Nejvíce mne zaujal referát H. Debrunne-  
ra, který se zabýval zpracováním údajů o sluneční erupci z 7. května 1978 naměřených na družicích Helios A, IMP 7 a Voyager 1 a 2. Na základě těchto měření měli autoři snahu ukázat, jakým způsobem dochází k průchodu erupčních částic koronou; a dále 2 referáty přednesené Italem Villoresim, zabývající se anizotropií zvýšení kosmického záření, pozorovaného v počáteční fázi Forbushových efektů a strukturou meziplanetárního prostoru během Forbushových efektů.

Symposium bylo dobrou konfrontací dosažených výsledků v oboru kosmického záření a byla jím nastíněna cesta, kterou by se výzkumy v tomto oboru měly nadále ubírat.

Kromě vědecké náplně byl především pro zahraniční účastníky a jejich rodinné příslušníky zorganizován bohatý kulturně poznávací program. Pro rodinné příslušníky to byla řada výletů spojených s prohlídkou zajímavostí v okolí Košic, a kromě toho měli účastníci možnost si prohlédnout kulturní a historické památky města Košic, vyslechnout koncert našich předních mistrů, zhlédnout ukázky východoslovenských folklorních tanců a na závěr byla zorganizována exkurse do naší nejvýše položené kosmické laboratoře na Lomnickém štítu, takže si jistě všichni z Košic odvezli bohaté zážitky ať již vědecké nebo kulturní. Za to vše patří dík organizačnímu výboru.

E. Marková

#### 14. seminář o radioastronomii

Úpická hvězdárna pořádala ve dnech 20. a 21. října 1984 již 14. radioastronomický seminář. Seminář proběhl v Úpici v Kulturním klubu ROH za účasti asi 40 profesionálů i amatérů z celé ČSSR. Na semináři byly předneseny tyto referáty:

- M. Karlický: Interpretace jemné struktury rádiových spekter
- P. Ambrož: Studium prostorové struktury permanentního rádiového zdroje šumových bouří na několika frekvencích a jeho evoluce
- K. Jehlička: Zvětšení rozlišovacích schopností radioteleskopů
- L. Hurta: Některé rozdíly v registraci erupčních SEA-efektů registrovaných na frekvencích 27, 30 a 35 kHz

- L. Křivský: Náhlý úbytek mohutných erupcí podle X-emise, rádiového záření a poruch v meziplanetárním prostoru po fázi maxima jedenáctiletých cyklů
- I. Boháček: Stopové detektory jaderného záření a jejich použití při registraci kosmického záření

V rámci semináře proběhla pracovní porada, na níž J. Klimeš referoval o metodě SEA, jejím významu a vyhodnocování, a L. Křivský ml. o technickém provedení přijímačů SEA. Hlavním cílem porady byla celostátní dohoda o rozdělení frekvencí, na nichž budou jednotlivé stanice registrovat efekty SEA. Je totiž snaha, aby pozorováními SEA-efektů bylo pokryto celé frekvenční spektrum a Úpická hvězdárna působí jako koordinátor v této akci. Toto bylo v podstatě splněno, škoda jen, že se nezúčastnili zástupci všech již registrovaných stanic.

E. Marková

## Z ODBORNÉ PRÁCE ČAS

### Program činnosti optické sekce

Optická sekce (OS) sdružuje v současnosti zájemce o optiku z řad členů ČAS, zejména zájemce o zhotovení zrcadlových objektivů pro stavbu vlastních astronomických dalekohledů.

V Praze v budově Planetária pořádá OS celoroční kurs broušení, leštění a figurace zrcadel. Zde se každé pondělí od 17 do 19 h scházejí amatérští stavitelé dalekohledů, kterým zkušenější členové OS poskytují konzultace. Tito členové též pomáhají při prázdninových kursech broušení zrcadel a stavby dalekohledů na LH v Rokycanech. V minulém roce začala OS řešit vzorový typ dalekohledu, který by byl zhotovitelný skrovnými prostředky z běžně dostupného materiálu. Jeho konstrukce by staviteli umožnila využít velkého množství stavebních variant podle možností jeho vlastní dílny, kroužku, školy apod. Vzorek dalekohledu plánuje OS dokončit v roce 1985.

Zmíněná činnost se tedy soustřeďuje v Praze. Bylo by však užitečné, kdyby zkušení stavitelé dalekohledů z řad členů ČAS, žijící mimo Prahu, vstoupili s optickou sekci do užšího styku a pomáhali (pokud již tak nečiní) zájemcům o stavbu dalekohledů v místě svého bydliště, astronomického kroužku, hvězdárny a podobně.

Příležitostmi ke styku s pražskými členy OS jsou již zmíněné pondělní schůzky, přednášky na optická témata na hvězdárnách, expedice hvězdáren a OS v Zachotíně probíhající každoročně v srpnu, písemný styk apod. Další příležitosti je třeba vyhledávat a postupně vytvořit cesty rozumné vzájemně

komunikace.

K dobré činnosti optické sekce ve smyslu "Pracovního řádu sekci" je třeba vyřešit:

- a) způsob komunikace mezi členy sekce, bez extrémních nároků na čas a prostředky členů sekce, kteří činnost sekce zajišťují, neboť pracují ve svém volném čase, často bez sebemenšího pochopení a podpory zaměstnavatele;
- b) opatřování a distribuci materiálu pro zhotovování zrcadel;
- c) opatřování okulárů nebo alespoň jednotlivých čoček a dalších elementárních součástí.

J. Kolář

### Návrh programu činnosti sekce pro pozorování proměnných hvězd

Hlavním cílem sekce pro pozorování proměnných hvězd (dále jen SPPH) Československé astronomické společnosti při ČSAV je sdružovat zájemce o pozorování a studium proměnných hvězd z řad členů ČAS, aktivně se podílet na vytváření a organizaci vhodného pozorovacího programu a publikaci výsledků pozorování.

Programem SPPH v nejbližším období je:

- a) podílet se ve spolupráci s lidovými hvězdárnami (zejména pak Hvězdárna a planetárium M. Koperníka v Brně) a pozorovateli z řad členů ČAS i mimo ně na programu sledování okamžiků minim jasnosti vybraných zákrytových dvojhvězd
- b) V případě potřeby připravovat pro pozorovatele předpovědi nutné k pozorování
- c) Podílet se na publikaci výsledků pozorování a pečovat o jejich další využití
- d) Za pomoci knihovního fondu Astronomického ústavu ČSAV v Ondřejově vyhledávat málo sledované soustavy a upravovat pozorovací program
- e) V literatuře vyhledávat starší pozorování proměnných hvězd, jejichž chování je dle našich pozorování neobvyklé, a publikovat zpřesněné, případně nové světelné elementy
- f) V případě výskytu vzácných jevů na úseku proměnných hvězd jako jsou např. jasné novy či dokonce supernovy zajistit rychlou informovanost členů a zabezpečit vhodný pozorovací program jejich sledování
- g) Kontaktovat odborníky v oboru stelární astronomie, získávat je pro spolupráci, sbírat od nich náměty ke zdokonalení či doplnění pozorovacího programu
- h) Propagovat pozorování proměnných hvězd (např. formou článků v časopisech) a získávat nové pozorovatele proměnných hvězd

- 1) Propagovat výsledky našich pozorovatelů i v zahraničí (zasíláním publikací s výsledky, osobními písemnými kontakty se zahraničními skupinami pozorovatelů proměnných hvězd)
- j) Pomáhat při pořizování a distribuci metodických materiálů pro pozorovatele
- k) Každoročně ve spolupráci s HaP MK v Brně se podílet na organizaci a pořádání dvoudenního semináře o výzkumu proměnných hvězd, jehož součástí bude i schůze členů sekce
- l) O dále použitelných výsledcích a objevech referovat na vhodných forech, např. na profesionálních stelárních seminářích

Předsednictvo sekce bude udržovat s aktivními členy sekce písemný nebo osobní kontakt, bude je informovat o všech důležitých akcích týkajících se výzkumu proměnných hvězd. Vědecký tajemník sekce povede evidenci členů SPPH a bude koordinovat jejich práci.

Tento návrh programu činnosti byl uveden do definitivní podoby a poté schválen na členské schůzi členů sekce pro pozorování proměnných hvězd při ČAS, která se uskutečnila v rámci semináře o výzkumu proměnných hvězd, jenž se konal 30. a 31. března 1985 na Hvězdárně a planetáriu M. Koperníka v Brně na Kraví hoře. Na schůzi proběhly též volby předsednictva sekce ve složení:

RNDr. Zdeněk Mikulášek, CSc. - předseda (Hvězdárna a planetárium MK v Brně, Kraví hora, 616 00 Brno)

Jindřich Šilhán - vědecký tajemník (Městečko 204, 696 32 Ždánice)

Jan Mánek - místopředseda

RNDr. Petr Hájek - člen předsednictva

Máte-li zájem o práci v sekci pro pozorování proměnných hvězd při ČAS, sdělte to neprodleně vědeckému tajemníkovi pracovního předsednictva SPPH - Jindřichu Šilhánovi na jeho adresu - Městečko 204, 696 32 Ždánice. Stačí zaslat jen korespondenční lístek s uvedením plného jména s případnými tituly a adresy s PSČ.

## **RECENZE**

L. Dvořák: Obecná teorie relativity a moderní fyzikální obraz vesmíru. Skripta SPN Praha 1984, cena 20,- Kčs

V doslovu k druhému vydání Základů speciální teorie relativity prof. Votruba nastínil potřebu vydání nové koncipované učebnice relativity, která "by se už nemusela zaměřovat



na přesvědčování nevěřících nebo pochybujících, ale měla by se po stručném uvedení principů věnovat hlavně jejím moderním aplikacím ..." Důkazem, že sepsání takové učebnice českými autory opravdu není nerealistickou ideou, jsou skripta dr. Dvořáka, která v SPN Praha vydal Ústřední ústav pro vzdělávání pedagogických pracovníků. Skripta jsou určena pro postgraduální kurs učitelů fyziky, užitečná však budou i pro studenty fyziky, pracovníky hvězdáren i vyspělejší zájemce o astrofyziku. Po stručném shrnutí speciální teorie relativity je v nich obsažen dosti podrobný výklad základů obecné relativity. Z astrofyzikálních aplikací je rozebrána fyzika relativistických hvězd a černých děr a gravitační vlny. Poslední kapitola je věnována relativistické kosmologii. Vzhledem k ojedinělosti publikace tohoto druhu u nás a k malému nákladu (500 výtisků) lze očekávat, že pro většinu zájemců budou tato skripta velmi těžko dostupná.

P. Hadrava

Pavel Příhoda: Sluneční hodiny. Vydalo nakladatelství Horizont v Praze pro ÚKVČ a Hvězdárnu a planetárium hl.m. Prahy 1983. 136 stran + 32 stran příloh, cena brož. výtisku 19,- Kčs, cena váz. výtisku 26,- Kčs. Náklad 3000 výtisků.

Ústav pro kulturně výchovnou činnost vydal v roce 1983 knihu Ing. Pavla Příhody Sluneční hodiny. Kniha je pojata se správnou důkladností a vede i čtenáře málo obeznámeného s astronomií postupně k novým poznatkům, takže po přečtení knihy by měl každý nejen dobře rozumět téměř všem typům již postavených hodin, ale měl by být schopen i sám další postavit. To byl jistě autorův cíl a recenzent se domnívá, že se autorovi povedl.

Kniha je tedy psána "konstruktivisticky". Postupně rozebírá základní astronomické pojmy nutné ke konstrukci hodin, skafé jako jedné z nejstarších a nejjednodušších hodin, vodorovných, nástěnných, polárních hodin i hodin s různými kombinovanými číselníky. Jsou zde analematické hodiny, hodiny v podobě globu, prstencové, mechanické i další. Ačkoli kniha nebyla chápána historicky, je na závěr uvedena kapitola z dějin slunečních hodin. V závěru knihy je množství užitečných tabulek. Kniha je doplněna přílohou, z níž pomocí vystříhovánek si každý může jednoduché hodiny sestavit sám. Recenzent to učinil a s výsledkem byl docela spokojen. Demonstrační funkci plní tyto hodiny zcela dobře.

Recenzent by nyní rád upozornil na některé nepřesnosti či doplňky, na které už asi vnímavý čtenář přišel sám.

Na obr. 17, str. 24 jsou od textu "Průsečík přímky a s půdorysnou" šipky ke dvěma bodům. Správně má být šipka jen dolů, protože zde tento průsečík splývá se svým půdorysem.

V obrazové příloze pod textem č. 9 má být šipka doleva a ne doprava, šipka doleva má být u textu 23 a ne 24. Obrázek

č. 46 na str. 50 vyžaduje oprav několik. V obou případech (nahore i dole) jsou prohozena označení jednotlivých znamení, takže tam, kde je znak Raka ☉, má být znak Kozoroha ♏, protože stín Slunce tam dopadá v zimě a ne v létě. Podobně jsou prohozeny všechny další dvojice znamení. Jen označení pro rovnodennost je správné. Označení znamení lze odvodit např. z obr. 44 na str. 45, kde je celá věc narysována správně (či z obr. 78/str. 91). K obrázku 46 se váže ještě jedna oprava. V textu (str. 51, levý sloupec, 8.ř. zdola) se tvrdí, že rysky jsou křivky velmi se blížíci přímkám. Ve skutečnosti to však opravdu přímký jsou. Tedy silné čáry obrázku 46 označené arabskými číslicemi 1, .... 11 mají být přímký. Trochu je také nutno poopravit str. 64. V levém sloupci (7.ř. - 4.ř. zdola) je nepřesnost. V létě po východu Slunce vrhá stín východní hrana ukazatele a vešer západní. Proto na obr. 57 musí rysky pro 4. a 5. hodinu vycházet z pravé hrany b (až od 6. do 12. hodiny z hrany a) a analogicky rysky pro 19. a 20. hodinu z levé hrany a. Úplně stejnou chybu nalézáme na spodních hodinách na obr. 69, str. 81. Chyba připadá v úvahu jen při nenulové tloušťce ukazatele. Na str. 80, p. sl. 9.ř. shora: "...osazení číselníku do zdi ..." snad lépe ... osazení ukazatele (stylu) do zdi ...

Do vzorce (20) na str. 62 se vloudila chyba. Správný vzorec lze bez obtíží odvodit z předchozích vztahů a má vypadat takto:

$$x = \frac{l}{\cos \varphi} \left( \sin \varphi - \frac{\sin \delta}{\sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos t \cdot \cos \delta} \right).$$

(Čtenář jistě pozná, že jde o  $l$  - výšku gnomonu a nikoli o jedničku). I když Tab. VI na str. 130 má být počítána podle vzorce (2) a (21), je spočítána správně - tedy podle správného vzorce a nikoli podle uvedeného. Snad by i u ní mohla být poznámka, že platí jen pro  $\varphi = 50^\circ$ . Nicméně je nutno tabulku trochu poopravit. Nadpisy  $x$  a  $y$  v záhlaví tabulky jsou prohozeny. Pro správný sloupec  $y$  mají být k datu 19.II. a 23.X. tyto hodnoty:  $\pm 0,0$ ;  $0,5560$ ;  $1,2460$ ;  $2,3639$ ;  $\pm 5,2169$ . Pro 20.IV. je chyba pouze jedna: místo  $0,3320$  má být  $0,3334$ .

Ve vzorci (32) str. 85 vypadlo  $\varphi$ , takže správné znění je:  $\operatorname{tg} \psi = \operatorname{tg} \varphi / \sin t$ . Následující vztah (33) neplatí pouze pro  $t \rightarrow 0^\circ$ , ale pro všechna  $t$ . /Obdobně vztah (35) na následující straně pro  $A$ ,  $t_0$ . Autor zde měl bezpochyby na mysli to, že vztah (32) resp. (34) je pro  $t \rightarrow 0^\circ$  nepoužitelný a je nutno užívat vztahu následujícího - tj. (33).

Snad by stálo za to dát poznámku do historické části (str. 117 a dále), že množství velmi pěkných hodin (ab ortu, ad occasum) máme v Praze dochováno v Klementinu, neboť jezuité, kteří se oficiálně nemohli hlásit ke Koperníkovi a pokračovat dál v ptolemaiovském systému nechtěli - asi jim již bylo jasné, že je chybný - se vrhli na konstrukci hodin, která nezávisela na přijatém systému, a dosáhli v ní značných úspěchů.

Nejspíše by stálo ještě za úvahu doplnit knihu pro další vydání analytickými metodami (recenzent jedny hodiny konstruuje a tyto metody mu dobře slouží stejně jako velice jednoduché metody na určení azimutu stěny). Tyto metody v éře samočinných počítačů a programovatelných kalkulaček budou jistě již přístupné širokému okruhu zájemců. Obdobně by se autor mohl zmínit o metodách využívajících konstruktivní geometrie. Ačkoli jsou to metody staré, jsou velmi názorné.

Je snad také trochu škoda, že množství obrázků v obrazové příloze je přefotografováno z jiných knih (např. z citovaného H. Schumachera), když zde v Praze máme v Národním technickém museu (NTM) tolik krásných originálů (např. obr. 18 je přefotografován, ačkoli NTM má hodiny zcela stejné, lišící se jen zeměpisnou šířkou.) Recenzent si ovšem dovede představit, na jaké obtíže by autor narazil při získávání originálů.

Pokud jsou v předchozím textu vytýkány některé drobnosti, je to vedeno pouze snahou, aby si je čtenáři mohli opravit - uznají-li to ovšem za vhodné. A čtenářů jistě bude mnoho, neboť recenzent je přesvědčen, že je to kniha dobrá. Jinak by jí také nevěnoval tolik času. Kupte si ji, pokud ji ještě dostanete!

Z. Šíma

Antonín Růkl: Otáčivá mapa hvězdné oblohy. Pro Hvězdárnu a planetárium hl.m. Prahy vydalo vydavatelství ČTK - Pressfoto.  
Cena 7,- Kčs.

Jde o drobnou publikaci, o jakých bychom rádi referovali častěji. Malá mapa formátu dvojité pohlednice, s kvalitní povrchovou úpravou a přitažlivým grafickým řešením. Vtipně tu bylo použito knihařské technologie, již je vyráběna známá velká pohlednice orloje s pohyblivými figurkami apoštolů. Díky tomu nevznikly problémy se závěrečnou fází výroby a také cena je podstatně nižší, než bychom očekávali podle analogií na novinových stáncích.

Vlastní mapka je sice přehledná, ale dostatečně podrobná. I v tomto malém měřítku jsou vystiženy charakteristické tvary souhvězdí. Působivě jsou použity polotóny - rozptýlené světlo kolem hvězd a v pásu Mléčné dráhy. Mapka se otáčí lehce, nepresnost knihařského zpracování je u této kategorie zcela zanedbatelná. Rubová strana je využita jednak k propagaci Hvězdárny Petřín a Planetária Praha, jednak k přehledu různých typů objektů, které si můžeme nastavit ve vyřiznutém okénku. V příštím vydání by i tyto obrázky měly mít leštěný povrch a kuřátka by měla být obrácené - obojí je však jen drobnost.

Publikace je určena nejširší veřejnosti, zakoupit ji lze ve hvězdárnách a planetáriích. Kromě vlastního účelu, pro který si ji zájemce koupí, dostává do rukou i vzorné provedenou upomínku na svou návštěvu.

P. Příhoda

# PŘEČETLI JSME PRO VÁS

## Postižení lidé ve vědě

Existuje mnoho typů invalidity, já se však budu zabývat jen problémy tělesně postižených lidí, což je oblast, ve které mám své vlastní zkušenosti. Tělesnou invaliditu můžeme rozdělit na problémy pohybové, jako je ztráta končetiny nebo ochrnutí, a oblast smyslových problémů, jako je třeba slepota nebo hluchota. Mé vlastní potíže pramení z progresivní degenerace pohybového nervstva, což je nemoc, která neovlivňuje mé smysly a myšlení, alespoň ne příliš. Nicméně doufám, že něco z toho, co zde bude řečeno, se bude týkat i smyslově postižených lidí.

Jestliže je člověk invalidou, není to pravděpodobně jeho chyba, neměl by však proto obviňovat svět nebo očekávat od svého okolí zvláštní soucit. Každý člověk má svoje kladné stránky a měl by být schopen vytěžit to nejlepší ze situace, v níž se ocitá. Je-li člověk postižen tělesně, nemůže si dovolit být postižen i duševně! Podle mého názoru by se člověk měl orientovat na oblasti, ve kterých se jeho postižení neprojevuje jako vážný nedostatek. Obávám se, že Olympijské hry pro invalidy nejsou a nebudou pro mne nijak přitažlivé, což vyplývá mimo jiné i z toho, že jsem nikdy zvlášť nezbožňoval atletiku. Naproti tomu věda je velice vhodnou oblastí pro postižené lidi, protože je to hlavně věc myšlení. Samozřejmě většina experimentálních prací je pro tělesně postižené lidi nedostupná, ale teoretická práce je téměř ideální. Moje tělesné postižení neznamenalo vážný handicap v mém oboru, kterým je teoretická fyzika, zvlášť poté, kdy jsem byl vyvázan z povinnosti přednášet a mohl se věnovat pouze vědeckému výzkumu. To, že jsem mohl dál pokračovat ve své práci, je výsledkem pochopení a pomoci, které se mi dostalo ze strany mé ženy, dětí, kolegů a studentů. Ukazuje se, že lidé jsou v zásadě ochotni vždycky pomoci, je však třeba je podpořit, aby věděli, že jejich úsilí stojí za to.

Hlavními problémy postižených lidí zabývajícími se teoretickou prací je pohyb, příjem a výdej informací. K pohybu používám mobilní křeslo. Na našem trhu se nabízí řada různých modelů - všechny představují víceméně zdařilý kompromis mezi rozměry, obratností, rychlostí, dosahem a schopností jízdy po nerovném terénu. Myslím, že mám asi to nejlepší a nejkładnější křeslo, které je možné získat. Je možné ho složit a umístit do auta nebo do letadla. Hodně cestuji letadlem, jen v USA jsem byl nejméně 25 krát.

Další můj osobní problém spočívá v tom, že mohu sice dobře číst, neudržím však knihu v ruce a nemohu obracet stránky. Mám mechanický obraceč stránek, který ovládám pomocí tlačítka. Toto řešení je vcelku uspokojující, je však k němu třeba hodně úsilí a soustředění. Když čtu noviny, nechám si zakoupit hned dva výtisky a rozložit po stole. Pak jenom stůl na svém křesle objíždím a čtu jednu stránku novin za druhou.

Mnohé velké obtíže mohou být ulehčeny pomocí malých počítačů. Ti, co nemohou ovládat jejich klávesnici přímo, mohou použít různých typů ukazovátek nebo trubici, jíž se fouká

nebo vsává vzduch. Osobně používám zařízení, kdy se mi na obrazovce pohybuje bod v matici s 64 písmeny, číslicemi a dalšími znaky. Když se pohyblivý index nachází v pozici znaku, který bych chtěl vytisknout, zmáčknu tlačítko a počítač to chápe jako zmáčknutí příslušné klávesy na ovládací desce. Toto zařízení funguje sice spolehlivě, ale je poněkud pomalé a vyžaduje hodně úsilí a soustředění. Proto diktují většinu své práce sekretářce nebo asistentovi, který je schopen porozumět mé řeči. Když se stane, že mi nerozumí, vytisknu příslušný text pomocí počítače. Text vidím přímo na obrazovce, takže jej mohu případně opravit. Když přednáším nebo vedu semináře, hovořím přímo, ale mám přitom asistenta, který moje slova opakuje a píše rovníce na tabuli. Dochází tak samozřejmě ke zpomalení, což však není přílišný nedostatek, protože posluchači mají pak dostatek času k tomu, aby si vše promysleli.

Závěrem bych chtěl povzbudit všechny postižené lidi, kteří si myslí, že teoretická věda je oblastí, ve které se nemohou uplatnit. Jsou zde sice jisté překážky, ukazuje se však, že mohou být překonány. Jisté není příliš zábavné soutěžit v oblastech vyžadujících fyzickou činnost, ve kterých budou zdraví lidé vždycky lepší. Ve vědě tomu však tak není, takže není důvodu, proč by v ní postižení lidé neměli být stejně dobří, ne-li lepší než lidé zdraví.

S.W.Hawking, katedra aplikované matematiky a teoretické fyziky, Universita v Cambridge, Cambridge, Anglie.  
Pro účely KR upravil Z. Mikulášek

## NOVINKY Z ASTRONOMIE

### Nové poznatky o gravitačním poli Venuše

První informace o dynamickém pólovém zploštění planety, které lze vyjádřit druhým zonálním harmonickým koeficientem (kvadrupólovým momentem, Stokesovou konstantou stupně  $n = 2$  řádu  $m = 0$ ) byly získány ze studia poruch dráhy Marinerů 5 a 10 při jejich průletech kolem Venuše (1967, 1974) a z poruch drah umělých družic Venuše Veněra 9 a 10 (1975-1977). Z Marineru 5 vyšlo  $C_{20} = (+5 \pm 10) \cdot 10^{-6}$ , z Marineru 10 horní odhad  $C_{20} \leq 10^{-4}$  a z Veněry  $C_{20} = (-4,0 \pm 1,5) \cdot 10^{-6}$ . Povášňme si, že tyto hodnoty jsou až o tři řády nižší než  $C_{20}$  pro Zemi, což rozhodně souvisí s rozdílnou rychlostí rotace těchto planet (a nejen s ní).

Nové výsledky přineslo zpracování dopplerovských měření poruch dráhy Pioneer Venus Orbiteru, který obíhá kolem Venuše od konce r. 1978 dosud, a to jedenkrát za 24 hodiny na excentrické dráze ( $e = 0,84$ ) se sklonem k rovině ekliptiky  $105^\circ$ . Starší práce založené na těchto měřeních daly  $C_{20} = (-5,97 \pm 3,2) \cdot 10^{-6}$ , spolu s hodnotami dalších harmonických

koeficientů do stupně a řádu 6 (Ananda et al 1980). Nejnovější práce Williamse et al (1983) a Mottingera et al (1984) dospěly na základě dopplerovských proměření oblohků dráhy dobře rozložených v planetografické délce k odhadům hodnot jednotlivých harmonických koeficientů do  $n, m = 7$  resp. 10. Přitom byl vzat ohled i na to, že dráha v pericentru (150-350 km nad povrchem planety) je již ve Venušině atmosféře. Byl tedy eliminován vliv odporu atmosféry postupem známým z analýz drah umělých družic Země na základě zjednodušeného modelu Venušiny atmosféry (s hustotou ubývající exponenciálně s výškou). Nová hodnota  $C_{20}$  je  $(-5,87 \pm 0,35) \cdot 10^{-5}$ .

Spolehlivost určení  $C_{20}$  je již taková, že má smysl diskutovat o dynamických důsledcích. Spolehlivost odhadu vyšších harmonických  $C_{nm}, S_{nm}$  je ovšem nižší a těžko odhaditelná. Jedině autoři těchto "čísel" mohou pak s nimi odpovědně nakládat při aplikacích (např. vykreslení průběhu plochy Venušina "geoidu") a interpretacích ("geofyzikální" důsledky, atp.). Jednak je problém separace jednotlivých koeficientů z jediné dráhy (jediný sklon, jediná excentricita), a také vliv zanedbaných koeficientů vyšších stupňů a řádů než je 7 resp. 10, problematický, zejména pro tak nízké pericentrum. Výběr a filtrace dopplerovských měření proto tvoří podstatnou část studie Williamse et al (1983).

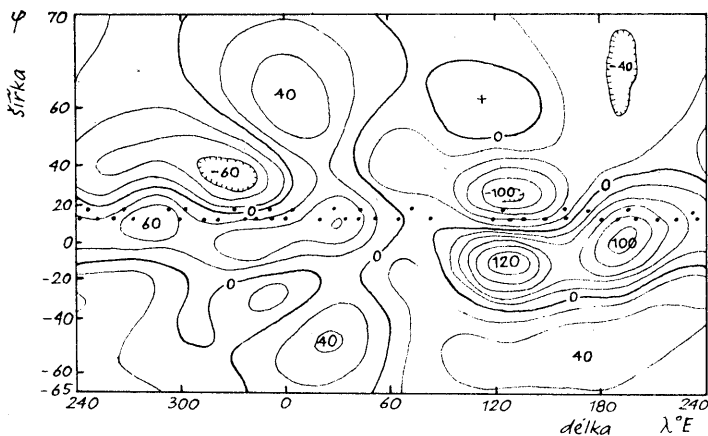
Tabulku s hodnotami  $C_{nm}, S_{nm}$  zde nereprodukuje. Náznornější je mapa Venušina "geoidu" (afroditoidu). Převýšení a deprese tohoto ekvipotenciálního povrchu jsou vztaženy k referenční ploše, za kterou je na obr. 1 vzata koule se středem v hmotném středu Venuše a s poloměrem 6052 km, který autoři považují za nejpřiměřenější. Je ovšem možné a patrně přesnější brát rotační nebo trojosý elipsoid za rovnávací referenční plochu. Nejistota (formální střední chyba) v průběhu "geoidu" Venuše (spočtená z formálních středních chyb koeficientů  $C_{nm}, S_{nm}$ ) zůstává bohužel funkcí planetografické délky a šířky a obráží citlivost dráhy na jednotlivé harmonické. Nejistota v průběhu "geoidu" se pohybuje mezi  $\pm 10$  až 25 m. Největší převýšení a deprese jsou 5 až 10 krát větší než tato nejistota, takže jevy znázorněné na obr. 1 jsou reálné, nikoli artefakta z šumu dat a matematického zpracování.

Williams et al upozorňují na silnou kladnou korelaci tvaru Venušina "geoidu" a hlavních topografických útvarů na Venuši. Převýšení na severní polokouli poblíž  $\lambda \pm 0^\circ$  do břeh souhlasí s Istar Terra. Převýšení u rovníku na  $\lambda \pm 120^\circ$  a  $180^\circ$ E koreluje s Afrodite Terra. Podobně Beta Regio ( $\lambda \pm 285^\circ$ E) má odpovídající převýšení v "geoidu". Obdobná situace silné korelace gravitačních a topografických fenoménů je již známa u některých útvarů na Marsu (zejména Tharsis) při porovnání s průběhem Marsova "geoidu" (areoidu) a např. u subdukčních zon kolem Tichého oceánu na Zemi. Svědčí o nedosažené nebo nedosažitelné izostatické kompenzaci; může znamenat geofyzikální aktivitu a geologickou mládost příslušných útvarů.

Už i samotné hodnoty  $C_{nm}, S_{nm}$  do  $n=m=2$  umožňují určitou dynamickou interpretaci. Lze z nich zjistit orientaci os hlavních momentů setrvačnosti ( $A, B, C$ ) vzhledem k povrchu

planety. Osy setrvačnosti, odpovídající momentům A, B, C, protínají Venušín povrch mezi Alfa Regio a Sappho /A/, Afrodite Terra /B/ a v oblasti Maxwell Montes /C/. Velikosti rozdílů (C-B) a (B-A) napovídají, že koule není nejvhodnější náhradní plochou, ale že tvar Venuše by nejlépe vyjádřil trojosý elipsoid, a dále, že těleso jako celek není v hydrostatické rovnováze. Konečně z dalších harmonických členů do  $n=m=2$  lze odhadnout, že amplituda "kolísání" Venušíných polů bude větší než je amplituda kolísání zemských polů.

- jklk -



Obr. 1

Průběh ekvipotenciální plochy - Venušina "geoidu"- vůči kouli o poloměru 6052 km. Mercatorova projekce. Interval vrstevnic 20 m. Puntíky označují pericentra dráhy Pioneer Venus Orbiteru promítnuté na Venušín povrch. (Převzato z Icarus 56, 578, 1983).

## ORGANIZAČNÍ ZPRÁVY

Zpráva z 8. zasedání předsednictva hlavního výboru ČAS

Dne 8. února 1985 se sešlo v 9.00 hodin na Astronomickém ústavu 8. zasedání předsednictva HV ČAS. Stěžejním bodem tohoto zasedání bylo projednání otázek spojených s kolektivním členstvím v naší Společnosti, které umožňují nové Stanovy ČAS. Po diskusi bylo konstatováno, že podmínky pro přijetí jednotlivých kolektivních členů je třeba stanovit případ od

případu individuálně. Zhruba by tyto podmínky měly odpovídat podmínkám, na základě kterých byly uzavírány v minulosti dohody o spolupráci mezi hvězdárnami a pobočkami ČAS. Dle přijatého usnesení na závěr tohoto bodu Dr. Pokorný do příštího zasedání PHV připraví základní návrh na postup při přijímání kolektivních členů.

V dalším bodě jednání bylo rozhodnuto, aby schválené pracovní řády poboček a odborných sekcí ČAS byly vytištěny tiskem Romayor současně s novými stanovami ČAS v počtu 500 ks.

V hodě "různé" byly projednány otázky související s přijetím nových minoritních členů ČAS, dle návrhů z jednotlivých poboček, předsednictvo bylo seznámeno s výši ročního příspěvku od ČSAV a s rozdělením finančních prostředků jednotlivým pobočkám, bylo schváleno složení nového výboru pobočky Hradec Králové, schváleno doplnění předsednictva optické sekce ČAS a stanoven termín porady předsedů poboček na 19. dubna v Českých Budějovicích. Dr. Letfus informoval o rýsujiících se možnostech spolupráce s ČSVTS, která by umožnila pořádání společných akcí. Závěrem byly projednány organizační záležitosti.

M. Lieskovská

#### Společné zasedání předsednictev ČAS při ČSAV a SAS při SAV

Dne 19.4. 1985 se uskutečnilo v Českých Budějovicích zasedání předsednictev vedených Dr. V. Letfusem, CSc. a Dr. P. Palušem, CSc., kterého se dále zúčastnili: RNDr. O. Hlad, RNDr. V. Porubčan, CSc., Ing. P. Příhoda, RNDr. V. Rušín, CSc., prof. M. Vonásek, Ing. J. Vondrák, CSc., RNDr. J. Zverko, CSc.

Kromě otázek týkajících se spolupráce předsednictev, právních a administrativních záležitostí, členství apod. byly projednány možnosti kontaktů složek společností, a to zejména sekcí. Byla konstatována tradiční dobrá spolupráce především u aktivních sekcí obou společností. Obě předsednictva doporučí všem sekcím, aby při přípravě akcí se snažily o pořádání společných celostátních akcí za spoluúčasti dalších institucí, zejména vědeckých ústavů, vysokých škol i hvězdáren a planetárií z celé ČSSR.

Obě předsednictva považují za účelné, aby vždy po několika letech byly pořádány (tak jako v minulém desetiletí) celostátní semináře, na kterých by se setkali jak profesionální, tak amatérské sféry z obou republik. V tomto smyslu navážou předsednictva ČAS i SAS kontakty s poradními sbory pro hvězdárny a planetária obou národních ministerstev kultury.

Bylo dohodnuto, že předsednictva ČAS i SAS se sejdou na společném zasedání vždy do jednoho roku po sjezdech obou společností.

O.Hlad



Zpráva z 9. zasedání předsednictva hlavního výboru  
ČAS, které se konalo v pátek dne 19. dubna 1985  
v 10,00 hodin v planetáriu v Českých Budějovicích

Hlavním bodem jednání předsednictva byla příprava programu 5. zasedání HV ČAS, které se bude konat dne 21. června 1985 v pražském planetáriu.

V dalším bodě Dr. Letfus seznámil přítomné s obsahem dopisu předsedy knihovnické rady, který se týkal aktivizace knihovny a zpracování knihovnických fondů. Po diskusi k předloženému tématu a zvážení všech možností se předsednictvo rozhodlo pozvat na zářijové zasedání Dr. Horského ke konečnému projednání této otázky.

V závěru jednání vyslovilo předsednictvo svůj souhlas s návrhem meteorické sekce na udělení ceny P. Briky za rok 1985 Luboši Glacovi z Brna, přijalo dva řádné členy a sedm mimořádných členů Společnosti a projednalo organizační záležitosti.

M. Lieskovská

4. pracovní porada předsedů poboček

Jarní porada se konala 19. dubna 1985 v budově Hvězdárny a planetária v Českých Budějovicích. S výjimkou ostravské pobočky, jejíž předseda se omluvil, se zúčastnili předsedové všech poboček; přítomni byli i předseda a vědecký sekretář ČAS, člen předsednictva pověřený stykem s pobočkami a tajemnice ČAS.

Při kontrole zápisu a úkolů z minulé porady bylo konstatováno, že spolupráce mezi pobočkami ČAS a hvězdárnami bude napříště (ve smyslu nových stanov) řešena kolektivním členstvím hvězdáren a planetárií v ČAS namísto dosavadními dohodami o spolupráci.

Projednána byla příprava plánu práce a rozpočtu na rok 1986. Je nutné, aby všechny pobočky zaslaly sekretariátu včas své plány práce a rozpočty, neboť tyto slouží jako podklady pro plány ČAS a jsou nutnou podmínkou pro získání finančního příspěvku od ČSAV.

Předseda Společnosti Dr. V. Letfus, CSc. pak informoval předsedy poboček o rozhodnutí předsednictva publikovat postupně vybrané pasáže z nových stanov a pracovních řádů poboček a sekci v Kosmických rozhledech, pro lepší informovanost členstva.

Tajemnice společnosti poděkovala za péči, kterou tentokrát pobočky věnovaly vyúčtování, a upozornila na některé drobné nedostatky, které stále ještě přetrvávají. Ne všechny pobočky uspořádaly do konání 4. PPPP letošní výroční schůze a rovněž ne všechny splnily povinnost zaslat sekretariátu seznamy svých členů. Tajemnice též upozornila na nutnost uvádět na přihláškách nových členů v adresách poštovní směrovačí čísla. Předsedové byli požádáni o pomoc při provádění

inventarizace majetku ČAS - často se stává, že inventář ČAS se nachází na hvězdárnách, aniž by byl v jejich inventárních seznamech uveden. Byli též upozorněni na to, že právo povolití použití vlastního vozidla (i za úhradu cestovného veřejným dopravním prostředkem) při cestách na schůze, přednášky a pod. má pouze předseda ČAS.

Předseda ČAS poté seznámil předsedy poboček se závěry společného jednání předsednictev ČAS a SAS, zejména pokud jde o otázky členství ve Společnostech. Pro členství je rozhodující trvalé bydliště nebo pracoviště člena, nikoliv jeho národnost. Členství v obou společnostech současně je nepřipustné, je však možné (po úhradě příslušného poplatku) odebírat i členský časopis druhé společnosti. Na poradě byla diskutována též možnost dalšího členění územně značně rozlehlé pobočky ve Valašském Meziříčí. Výbor pobočky posoudí návrh na vznik okresních skupin v Gottwaldově a Přerově.

Předseda pobočky ve Valašském Meziříčí na závěr nabídl uspořádat příští poradou předsedů v rámci jubilejních oslav založení hvězdárny ve Valašském Meziříčí na podzim 1985.

Poděkování účastníků patří předsedovi pobočky a řediteli Hvězdárny a planetária v Českých Budějovicích doc. A. Mrkovsovi, CSc. za vzorné organizační zajištění porady a poskytnutí příjemného prostředí pro jednání.

J. Vondrák



#### Důležité upozornění všem členům ČAS

Státní banka Československá nám oznámila, že od 1.11.1985 mění číslo běžného účtu naší Společnosti.

Z toho důvodu je nutné, aby všichni členové uhradili členské příspěvky na rok 1985 nejpozději do 15.10.1985.

Děkujeme za pochopení.

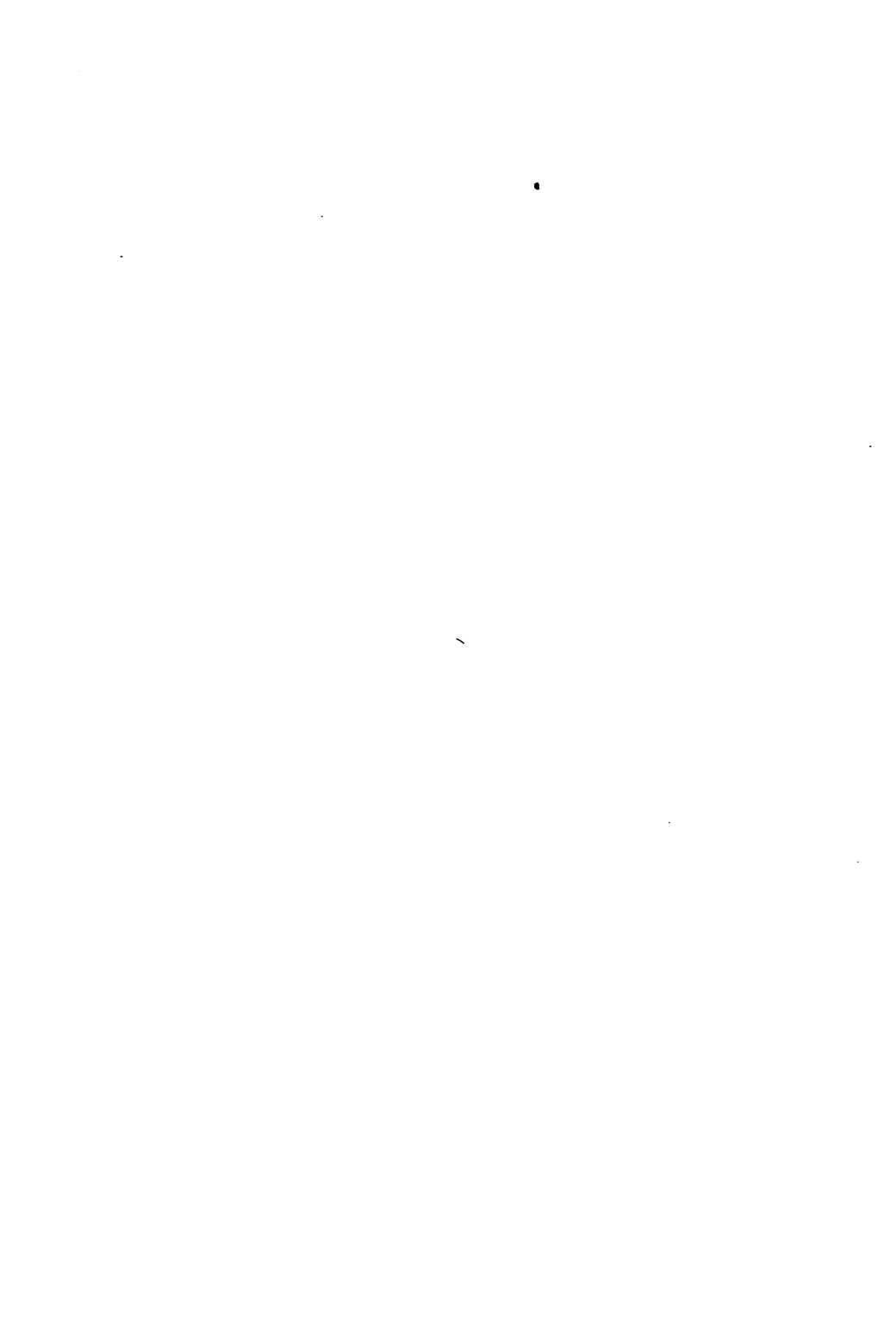
---

Tyto zprávy rozmnožuje pro svoji vnitřní potřebu Československá astronomická společnost při ČSAV (Praha 7, Královská obora 233). Řídí redakční kruh: vedoucí redaktor J. Grygar, výkonný redaktor P. Příhoda, členové P. Andrlé, P. Hadrava, P. Heinzel, Z. Horský, M. Karlický, P. Lála, Z. Mikulášek, Z. Pokorný a M. Šolc.

Technická spolupráce: M. Lieskovská, H. Holovská.

Příspěvky zasílejte na výše uvedenou adresu sekretariátu ČAS. Uzávěrka č. 2 roč. 23 (1985) byla 19.4.1985.

ÚVTEI - 72113





**Tiskařské závody, n. p., závod 6, provoz 66, Příbram IV, Anenská 348**

