BULLETIN

3

ČESKOSLOVENSKÁ SPOLEČNOST PRO MECHANIKU
PŘI ČSAV

1984

B U L L E T I N 3/1984

Čs. společnosti pro mechaniku při ČSAV

vydává Čs. společnost pro mechaniku při ČSAV
ve spolupráci s Jednotou čs. matematiků a fyziků v Praze

odpovědný pracovník: Ing. Rudolf Dvořák, CSc.
vědecký tajemník Společnosti

redakce Bulletinu: Ing. Miloslav Okrouhlík, CSc.
Ústav termomechaniky ČSAV
Puškinovo nám. 9, Praha 6, tel. 324986

Ing. František Havlíček, CSc.
SVÚSS, Husova 8, Praha 1, tel. 247751-5

adresa sekretariátu: Vyšehradská 49, 128 00 Praha 2

určeno členům Čs. společnosti pro mechaniku při ČSAV

tiskne: Polygrafia (Prometheus), Praha 8

evid.č. UVTEI 79 038

BULLETIN 3'84

ČESKOSLOVENSKÁ SPOLEČNOST PRO MECHANIKU

KOMISE PRESIDIA ČESKOSLOVENSKÉ AKADEMIE VĚD PRO ORGANISACI VĚDECKÝCH SPOLEČNOSTÍ PŘI ČSAV (KOVS)

Komise presidia ČSAV pro organisaci vědeckých společností při ČSAV byla ustavena rozhodnutím presidia ČSAV k zabezpečení a koordinaci činnosti vědeckých společností.

Ke konci roku 1983 bylo k Československé akademii věd přidruženo 42 vědeckých společností s členskou základnou přibližně 28 000 členů. Společnosti měly více než 140 poboček a 400 sekcí a odborných skupin. Jejich činnost vyplývá z úkolů vytýčených XVI. sjezdem KSČ s cílem zaměřit jednotlivé akce společnosti do těch záměrů, jež jsou celospolečensky významné.

Vědecké společnosti při ČSAV vykonávají svou činnost v oblasti neživé přírody, dále v oblasti živé přírody a chemických věd a v oblasti společenských věd a to v návaznosti na příslušná oddělení věd ČSAV i na vědecká kolegia ČSAV.

V oblasti neživé přírody pracuje 9 společností. Jejich aktivita je zaměřena na propojování poznávací a výrobně aplikační funkce vědy, na otázky energetiky a zhodnocování druhotných a nových surovin, na výpočetní techniku a na pomoc při aplikování vědeckých poznatků v praxi. V oblasti geologie a geografie jsou práce zaměřeny na problémy ložiskové geologie, hydrogeologie, ochrany podzemních vod a životního prostředí.

Z perspektivních směrů činnosti těchto vědeckých společností se jedná zejména o rozvoj poznání fyzikálních vlastno-

stí hmoty a její mikrostruktury, rozšíření výzkumu v optice, biofyzice a biomechanice, dále v oblasti matematických struktur a modelů, optimalizaci zajišťování surovinové základny, procesů probíhajících ve vesmíru aj. V rámci vědy o neživé přírodě bude rovněž úzká návaznost na klíčové oblasti jako jsou metalurgie a nové materiály, strojírenství, elektrotechnika a elektronika, automatizace a kybernetizace a péče o životní prostředí.

V oblasti živé přírody a chemických věd pracuje 15 vědeckých společností. Jejich činnost je výrazně zaměřena na uplatňování vědeckých výsledků ve společenské a klinické praxi, optimální využívání surovinových zdrojů v průmyslu, zemědělství a potravinářství.

Pozornost je věnována problematice humánního a veterinárního zdravotnictví a otázkám ochrany přírody. V oblasti chemie se zaměřovala činnost společností i na otázky koncepčního charakteru a chemické aspekty priorizovaných problémů naší ekonomiky.

Z perspektivní činnosti je možno například jmenovat vývoj nových polymerů a makromolekulárních soustav, výzkum nové syntézy organických látek, jakož i progresivní tendence prohloubení molekulární úrovně biologického výzkumu, biofyzikálních vlastností živých systémů aj. V oblasti základního výzkumu lékařského je kladen akcent příslušných vědeckých společností zejména na výzkum podmínek vzniku chorobných změn a faktorů určujících jejich další vývoj u onemocnění systému oběhového, dýchacího, nervového a neuroendokrinního a na poruchy vyšší nervové činnosti. V neposlední řadě se jedná o problematiku ochrany genofondu rostlin a živočichů, ochrany vody, půdy, lesních ekosystémů a na vytváření podmínek pro soustavné obnovování biologického a ekologického potenciálu krajiny a všech jejích složek.

V oblasti společenských věd rozvíjelo svou činnost 18 vědeckých společností. Společnosti se podílely aktivně na řešení aktuálních problémů našeho hospodářství a kulturního života. Zaměřovaly se zejména na vysvětlování otázek zákonitostí výstavby rozvinuté socialistické společnosti, teoretických otázek přechodu od extensivního k intensivnímu rozvoji naší

ekonomiky a formování osobnosti socialistického člověka, zejména mladé generace. Dále se soustředily na vysvětlování zahraničně politických otázek a oblastí mezinárodních vztahů v návaznosti na soudobý charakter světového třídního zápasu, jakož i na vysvětlování otázek leninského učení o válce a míru, problému dělnického a komunistického hnutí a významu národně osvobozeneckého boje pro světový revoluční proces.

V perspektivní činnosti je nutno se zaměřit na oblasti rozvoje ekonomiky, vědeckotechnického a sociálního rozvoje, na oblast kultury, umění a jazyka a na úlohy mladé generace v etapě výstavby rozvinuté socialistické společnosti, na otázky mezinárodní dělby práce a socialistickou ekonomickou integraci, jakož i na sociální, filosofické a metodologické problémy. Neméně závažná je problematika současného boje za mír, revoluční přeměny ve světě, historický vývoj Československa v souvislostech světového revolučního procesu aj.

Při hodnocení činnosti vědeckých společností při ČSAV je nutno vycházet především ze skutečností, že jde o dobrovolné organisace vědeckých a pedagogických pracovníků.

Významnou kapitolou je členství vědeckých společností při ČSAV v mezinárodních nevládních organisacích. V současném období je 20 vědeckých společností při ČSAV členy 32 mezinárodních vědeckých nevládních organisací, z toho 24 světových a 8 evropských. Československé vědecké společnosti jsou zastoupeny v řídících orgánech 18 mezinárodních společností. Převážná většina společností udržuje kontakty zejména se sesterskými společnostmi v socialistických státech. Některé z těchto dohod se ukázaly být velmi progresivními a výhodnými pro obě strany. Příkladem je bilaterální dohoda na úrovni biochemických společností ČSSR a NDR, která je podkladem pro pořádání pravidelných symposií obou společností.

V rámci ediční činnosti vydává časopisy celostátního významu 9 společností. 4 společnosti vydávají pravidelně pro vnitřní potřebu informační časopisy a 22 společností vydává cyklostylované informační zprávy.

Spolupráce převážné většiny vědeckých společností při ČSAV s ČSVTS je na velmi dobré úrovni. Se socialistickou akademií ČSSR spolupracovaly převážně společnosti z řad společen-

ských věd, kde se mnozí členové angažovali i v řídicích funkcích okresních a krajských orgánů.

Jedním z významných a aktuálních úkolů vědeckých společností při ČSAV je působení na náš vědecký dorost, na jeho systematické zapojování do práce společností a na zvyšování jeho zájmu o příslušný obor. Této problematice musí být věnována stálá pozornost s tím, aby mladým lidem byla takováto činnost umožněna.

Z uvedeného přehledu vyplývá, že vědecké společnosti při ČSAV tvoří jeden ze základních pilířů rozvoje zejména hraničních vědních oborů, jako je například biofyzika a chemická fyzika, genetika, makrobiotechnika, jakož i lékařská a technická diagnostika, společenské vědy aj. Nedílným způsobem tak vědecké společnosti přispívají k rozvoji a uplatňování základních přístupů k automatizaci v čs. strojírenství, ke zvýšení užitných hodnot výrobků i jejich inovací a rovněž k zajištění optimálního životního prostředí. Je nutno vysoce ocenit jejich činnost ve prospěch vědeckotechnického i humánního pokroku v naší socialistické společnosti.

Předsednictvo Čs. společnosti
pro mechaniku při ČSAV

Informace

Třicet let od počátku výzkumných a vývojových činností v ZTS VVÚ Martin

V roce 1984 oslavují pracovníci Výzkumno-vývojového ústavu ZTS Martin třicet let od začátku výzkumných a vývojových činností. ZTS VVÚ Martin je kolektivním členem Slovenské společnosti pro mechaniku při SAV Bratislava. Patří k významným ústavům v resortě všeobecného strojírenství v oblasti stavby mobilních objektů a jejich agregátů. Ve své činnosti využívá moderní metody a postupy z oblasti aplikované mechaniky strojů.

Blahopřejeme pracovníkům ústavu k jejich jubileu a přejeme jim mnoho úspěchů v tvořivé práci.

O činnosti ústavu ZTS VVÚ Martin přineseme v dalším čísle Bulletinu souhrnnou informaci.

Redakce

EXPANZE VESMÍRU A MACHŮV PRINCIP

Ing. E. Ulrych CSc., SVÚSS Praha

1. Statický vesmír

Až do třicátých let našeho století panoval všeobecně názor, že vesmír je co do velikosti neměnný. Na této zásadě byly koncipovány různé, tzv. statické kosmologické modely, o nichž byla zmínka v článku [5] , publikovaném v tomto časopise. Zmíním se o nich jen stručně v několika bodech, k objasnění souvislostí s moderními kosmologickými poznatky.

Nekonečný statický a homogenní vesmír (který preferoval v minulém století zejména francouzský astronom C. Flammarion), se dostával do sporu se zákony klasické fyziky. K nejdůležitějším rozporům, které nakonec vedly k revizi tohoto kosmologického modelu, patří tzv. gravitační paradox a fotometrický paradox. Ze "zákona převrácených čtverců", jímž se řídí emise gravitačního pole a elektromagnetického záření vyplývá, že v takovém vesmíru by gravitační potenciál a jas noční oblohy vzrostly nade všechny meze. K odstranění těchto (a četných jiných) paradoxů byly navrženy jiné kosmologické modely, z nichž uvedeme alespoň 3 základní:

1) Euklidovský vesmír, obsahující konečné množství hmoty, který si lze představit jako kouli, vyplněnou galaxiemi, umístěnou v nekonečném prázdném euklidovském prostoru. Z jednoduché dynamické úvahy však vyplývá, že takový útvar musí být nutně nestabilní a navíc nevyhovuje tzv. kosmologickému principu, o kterém se zmíníme dále.

2) Seeligerův model nekonečného vesmíru, který vychází z předpokladu, že intenzita gravitačního pole (nebo toku zářivé energie) klesá rychleji, než podle zákona převrácených čtverců, podle vztahu [10, 13]

$$K_g = K\left(1 + \frac{r}{R_g}\right) e^{-\frac{r}{R_g}} \qquad (1)$$

kde K značí intenzitu Newtonova gravitačního pole (klesající se čtvercem vzdálenosti) a R_g dosah gravitačních sil. Lze ukázat, že v nekonečném homogenním vesmíru má Seeligerův gravitační potenciál konečnou hodnotu U_s, danou vztahem

$$U_s = -4\pi G \varrho R_g^2 , \qquad (2)$$

kde G značí Newtonovu gravitační konstantu a ϱ hustotu vesmíru. Seeligerova hypotéza je ovšem splnitelná jen za předpokladu nenulové klidové hmotnosti gravitonu, což je předpoklad zatím ničím nedokázaný. Vzhledem k tomu, že dnešní modely expandujícího vesmíru řeší gravitační paradox bez přídavných hypotéz, nepřikládá se již Seeligerově modelu ten význam, jaký měl v minulosti.

3) Einsteinův model neeuklidovského sférického vesmíru, který je sice konečný, ale neohraničený. Metrika (vztah pro délkový element prostoročasu) Einsteinova vesmíru má tvar [1]

$$ds^2 = \frac{dr^2}{1-\Lambda r^2} + r^2(d\vartheta^2 + \sin^2\vartheta d\varphi^2) - c^2dt^2, \qquad (3)$$

kde Λ je tzv. kosmologická konstanta, která geometricky odpovídá Gaussově křivosti čtyřrozměrné koule (hypersféry). Položíme-li

$$\Lambda = 1/R^2, \qquad (4)$$

značí R poloměr křivosti Einsteinova vesmíru. Prostorový element vesmíru $d\sigma$ je zřejmě definován vztahem

$$d\sigma^2 = ds^2 + c^2dt^2$$

a s ohledem na (4) lze tedy psát

$$d\sigma^2 = \frac{dr^2}{1-r^2/R^2} + r^2(d\vartheta^2 + \sin^2\vartheta d\varphi^2) \qquad (5)$$

Metrická forma (5) definuje trojrozměrnou plochu polokulovou (tj. povrch čtyřrozměrné polokoule). Abychom vystihli celou kouli, položme podle [6]

$$r = R\sin\psi .$$

Po dosazení do (5) obdržíme pro čtverec délkového elementu $d\sigma$ Einsteinova vesmíru vztah

$$d\sigma^2 = R^2[d\psi^2 + \sin^2\psi(d\vartheta^2 + \sin^2\vartheta d\varphi^2)], \qquad (6)$$

který definuje trojrozměrnou plochu kulovou, vnořenou do čtyřrozměrného euklidovského prostoru. Jak vyplývá z Einsteinovy teorie gravitace, je kosmologická konstanta Λ - a tedy i křivost vesmíru - úměrná jeho hustotě podle vztahu

$$\Lambda = \frac{4\pi G \varrho_0}{c^2} \qquad (7)$$

kde ϱ_0 je průměrná hustota kosmu a G Newtonova gravitační konstanta. Předpokládáme-li např. $\varrho_0 \doteq 10^{-26}$ kg/m^3, vyplývá odtud $\Lambda \doteq 10^{-52}$ m^{-2}, $R \doteq 10^{26}$ m $\doteq 10^{10}$ světel. roků.

Největší předností Einsteinova vesmíru je skutečnost, že tento kosmologický model dokonale vyhovuje tzv. kosmologickému principu, o němž se ještě zmíníme.

2. Teorie expandujícího vesmíru

V roce 1922 ukázal ruský matematik A. Fridman, že i tzv. zkrácené Einsteinovy gravitační rovnice (tj. bez kosmologické konstanty Λ) mají řešení, připustíme-li, že metrika vesmíru je závislá na čase. K obecnému vyjádření čtverce prostoročasového elementu je v tomto případě výhodné použít vztahu, který definoval klasik obecné teorie relativity Mc Vittie ve tvaru [8]

$$ds^2 = dt^2 - \frac{R^2(t)}{c^2}\left[\frac{dr^2 + r^2d\vartheta^2 + r^2\sin^2\vartheta d\varphi^2}{(1+kr^2/4)^2}\right] \qquad (8)$$

nebo

$$ds^2 = dt^2 - \frac{d\sigma^2}{c^2}$$

kde $d\sigma$ je délkový element

$$d\sigma^2 = R^2(t)\left[\frac{dr^2 + r^2d\vartheta^2 + r^2\sin^2\vartheta d\varphi^2}{(1+kr^2/4)^2}\right] \qquad (9)$$

Veličiny s a t ve vztahu (8) mají rozměr **času**, c rozměr rychlosti (rychlost světla), R má rozměr délky, kdežto r, ϑ a φ jsou bezrozměrné souřadnice. Veličina $k = +1, 0, -1$ souvisí s křivostí prostoru, tak, že:

pro $k = +1$ dostáváme sférický vesmír,
pro $k = 0$ euklidovský vesmír,
pro $k = -1$ hyperbolický vesmír.

V případě expandujícího vesmíru je $R(t)$ rostoucí funkce času. Je-li dále t_i libovolně zvolený počátek časové souřadnice, pak lze R v obecném čase t vyjádřit funkcí

$$R(t) = R_i e^{\frac{1}{2} g(t)} \tag{10}$$

$g(t)$ je taková funkce času t, že platí $g(t_i) = 0$. Zavedeme-li dále novou délkovou souřadnici ξ vztahem

$$\xi = R_i r \tag{11}$$

lze upravit vztah (9) do tvaru:

$$d\sigma^2 = e^{g(t)} \cdot \frac{d\xi^2 + \xi^2 d\vartheta^2 + \xi^2 \sin^2\vartheta \, d\varphi^2}{\left(1 + \frac{k\xi^2}{4R_i^2}\right)^2} = \frac{R^2}{R_i^2} \cdot \frac{d\xi^2 + \xi^2 d\vartheta^2 + \xi^2 \sin^2\vartheta \, d\varphi^2}{\left(1 + \frac{k\xi^2}{4R_i^2}\right)^2} \tag{12}$$

Proveďme nyní diskusi metriky, definované vztahem (12) pro všechny tři uvažované hodnoty $k = +1, 0, -1$.

1) $k = +1$ (prostor s kladnou křivostí)
Zavedeme novou úhlovou souřadnici ψ vztahem

$$\xi = R_i r = 2R_i \, tg \frac{\psi}{2}, \qquad 0 \leq \psi \leq \pi \tag{13}$$

Pak platí:

$$d\xi = \frac{R_i}{\cos^2 \frac{\psi}{2}} d\psi, \qquad \left(1 + \frac{\xi^2}{4R_i^2}\right)^{-2} = \cos^4 \frac{\psi}{2}$$

a metrika třírozměrného sférického prostoru v libovolném čase t nabývá tvaru

$$d\sigma^2 = R^2(t) \left[d\psi^2 + \sin^2\psi \left(d\vartheta^2 + \sin^2\vartheta \, d\varphi^2 \right) \right] \tag{14}$$

a je tedy formálně stejná jako metrika Einsteinova vesmíru definovaná vztahem (6), s tím rozdílem, že R je funkcí času.

2) $k = 0$ (prostor s nulovou křivostí)
V tomto případě se jmenovatel ve výrazu (12) stává rovným 1 a význam délkové souřadnice ξ zůstává zachován. Vrátíme-li se k původní souřadnici r podle (11), zřejmě platí

$$d\sigma^2 = R^2 \left(dr^2 + r^2 d\vartheta^2 + r^2 \sin^2\vartheta \, d\varphi^2 \right) \tag{15}$$

Vzhledem k známé definici sférických souřadnic [14]

$$x_1 = r \sin\vartheta \cos\varphi, \quad x_2 = r \sin\vartheta \sin\varphi, \quad x_3 = r \cos\vartheta, \qquad [x_1, x_2, x_3] = 1$$

se výraz (15) po transformaci ztotožní s metrikou euklidovského prostoru:

$$d\sigma^2 = R^2 \left(dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 \right).$$

3) $k = -1$ (prostor se zápornou křivostí)
Úhlovou souřadnici ψ v tomto případě definujeme vztahem

$$\xi = R_i r = 2R_i \, tgh \frac{\psi}{2}, \qquad 0 \leq \psi \leq \pi \tag{16}$$

který dosazen do (12) dává metriku hyperbolického prostoru ve tvaru

$$d\sigma^2 = R^2 \left[d\psi^2 + sh^2\psi \left(d\vartheta^2 + \sin^2\vartheta \, d\varphi^2 \right) \right] \tag{17}$$

K pochopení vlastností uvedených prostorů slouží dobře analogie s dvojrozměrnými útvary (plochami). Pro součet úhlů v trojúhelníku lze psát pak obecný vztah

$$\alpha + \beta + \gamma = \pi + \varepsilon$$

V euklidovské metrice je $\varepsilon = 0$, ve sférickém prostoru je $\varepsilon > 0$ (sférický exces), v hyperbolickém prostoru $\varepsilon < 0$ (pseudosférický defekt).

Pro další úvahy je zvláště významná ta skutečnost, že sférický kosmologický model ($k = +1$) představuje vesmír uzavřený a jeho objem je konečný. Jak bylo již odvozeno v práci [5] , vypočte se objem sférického prostoru jako třírozměrný povrch čtyřrozměrné koule podle vztahu

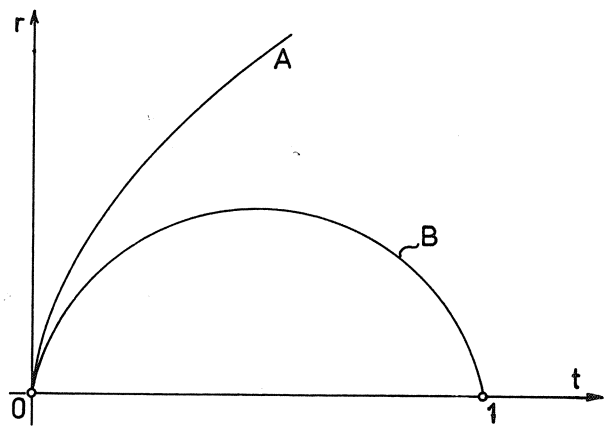
$$V = \int_0^{\pi}\int_0^{\pi}\int_0^{2\pi} \sqrt{\gamma}\, d\psi\, d\vartheta\, d\varphi \qquad (18)$$

kde γ značí determinant metrického tenzoru, definovaného metrikou (6), resp. (14). Výpočet dává v daném případě konečnou hodnotu

$$V = 2\pi^2 R^3. \qquad (19)$$

Euklidovský a hyperbolický model ($k = 0, -1$) dává vesmír otevřený, jehož objem je nekonečný (integrál (18) je nevlastní).

Otevřené kosmologické modely se liší od modelu uzavřeného ještě další důležitou vlastností. Expanze otevřeného (nekonečného) vesmíru je časově neomezená a bude tedy stále pokračovat. Naproti tomu expanze uzavřeného (sférického) vesmíru je časově omezená, a bude se tedy postupně zpomalovat, až vesmír dosáhne maximálního poloměru a pak začne opačný pochod - smršťování (kontrakce), jak je znázorněno v diagramu na obr. 1.
Ke kvantitativnímu posouzení obou variant je patrně nutné zkoumat vztah mezi kinetickou energií galaxií a gravitačním potenciálem vesmíru, který závisí na střední hustotě hmoty ve vesmíru. Řešení této otázky je možno objasnit pouze výzkumem rozdělení radiálních rychlostí galaxií, na základě přímých pozorování.



Obr. 1
Časová závislost rozpínání otevřeného (A) a uzavřeného (B) vesmíru (t značí čas, r průměrnou vzdálenost mezi galaxiemi)

3. Hubbleův zákon a reliktové záření

Fridmanovy modely expandujícího vesmíru by byly zůstaly jen v oblasti hypotéz, kdyby na začátku třicátých let našeho století nebyl objevil americký astronom E. Hubble pozoruhodný jev ve spektrech galaxií. Spektra všech, dostatečně vzdálených galaxií, jeví posuv čar k červenému okraji spektra ("rudý posuv"), který Hubble správně interpretoval jako posuv Dopplerův, vyvolaný jejich vzdalováním. Zjištěný fakt se stal ještě pozoruhodnějším, když se ukázalo, že rychlost vzdalování galaxií vzrůstá úměrně s jejich vzdáleností. Obecně lze tedy radiální rychlost v galaxie, nacházející se ve vzdálenosti r vyjádřit rovnicí

$$v = Hr, \qquad (20)$$

která definuje tzv. Hubbleův zákon. Určení velikosti konstanty H (Hubbleovy konstanty) je již dlouhá léta předmětem výzkumu velkých světových observatoří. V současné době se Hubbleově konstantě přisuzuje nejpravděpodobnější hodnota

$$H \doteq 50\ km/(s.Mpc) = 1{,}62.10^{-18}\ s^{-1}, \qquad (21)$$

což značí, že na každý milión parseků vzroste radiální rychlost galaxií o 50 km/s.[1)]

Zobecníme-li uvedené poznatky na celý kosmický prostor, vyplývají odtud závažné důsledky pro minulost vesmíru. Jestliže se galaxie stále od sebe vzdalují, pak v minulosti musely být velmi blízko u sebe. Bližší zkoumání této otázky vede posléze k závěru, že na počátku expanze musela být veškerá hmota vesmíru soustředěna v nepatrném objemu - teoreticky v singulárním bodu. Počátkem vesmíru byla tedy gigantická exploze, pro kterou se ve světové odborné literatuře ujal název "Big Bang" - v české terminologii "Velký třesk" [7,9,11]

Z Hubbleovy konstanty lze vypočítat i maximální teoretické stáří vesmíru a to jednoduchou úvahou: jestliže na každý milión parseků vzroste rychlost galaxií o 50 km/s, pak doba, která uplynula od počátku expanze, bude rovna vzdálenosti 1 milión parseků, dělené rychlostí 50 km/s, což je vlastně převrácená hodnota Hubbleovy konstanty. Nazveme tuto dobu charakteristickou dobou expanze T ; pak tedy platí:

$$T = \frac{1\,Mpc}{50\,km.s^{-1}} = \frac{3{,}09.10^{19}\,km}{50\,km.s^{-1}} = 6{,}18.10^{17}\,s \approx 19{,}6.10^{9}\,roků \qquad (22)$$

Skutečné stáří vesmíru bude patrně o něco menší, neboť galaxie jsou při expanzi poněkud zpomalovány gravitačními silami. Podle současných kosmologických teorií se přisuzuje vesmíru skutečné stáří asi 18 miliard roků.

Proti výše uvedeným závěrům měla ovšem řada astronomů - - jak v minulosti, tak ještě i dnes - četné výhrady. Není samozřejmě možné všechny tyto názory zde diskutovat. Ale navzdory různým námitkám byla v šedesátých letech našeho století teorie velkého třesku významně podepřena důležitým objevem v radioastronomii. V r. 1964 totiž dva američtí badatelé Penzias a Wilson zjistili homogenní radiový šum na vlnové délce 73,5 mm, kterému podle Planckova vyzařovacího zákona odpovídá ekvivalentní teplota 2,7 K. Toto záření, vyplňující celý vesmír, bylo nazváno reliktovým zářením. Pochází z raného období života vesmíru, kdy měl vesmír tisíckrát větší hustotu než dnes a jeho teplota obnášela 3000 K.

1) Mpc (megaparsek) = 10^6 parsek = $3{,}09 \cdot 10^{19}$ km

Na výzkumu raného vesmíru se dnes podílí vedle kosmologie i nukleární fyzika, neboť, jak se ukazuje, je období prvních tří minut ve velkém třesku velmi plodné z hlediska nukleogenese (vzniku prvků). Bližší podrobnosti nalezne čtenář ve stejnojmenné knize [7] . Pro zajímavost uvádíme, že se v současné době teoreticky zkoumají ještě daleko časnější období života vesmíru, a to 10^{-35} až 10^{-43} s po velkém třesku. Tomuto počátečnímu stavu vesmíru odpovídá podle [9] hustota $\rho > 10^{97}\,kg/m^3$.

Na základě znalosti Hubbleova zákona se nyní můžeme pokusit o prognózu dalšího vývoje vesmíru [7] . Uvažujme kouli, vyplněnou galaxiemi, o poloměru R . Je-li průměrná hustota kosmu ρ , bude hmotnost všech těles, obsažených v této kouli

$$M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho . \qquad (23)$$

Za předpokladu platnosti Newtonova gravitačního zákona má potenciální energie W_p libovolné typické galaxie na povrchu této koule hodnotu

$$W_p = -\frac{mMG}{R} = -\frac{4}{3}\pi \rho m R^2 G , \qquad (24)$$

kde m je hmotnost galaxie a G gravitační konstanta. Rychlost galaxie v podle Hubbleova zákona obnáší

$$v = HR \qquad (25)$$

a její kinetická energie tedy bude:

$$W_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mH^2R^2 \qquad (26)$$

Celková energie galaxie W je dána součtem energie kinetické a potenciální. Předpokládáme-li, že radiální pohyb galaxií má svůj původ pouze ve velkém třesku, pak při expanzi vesmíru musí být tato celková energie konstantní. Platí tedy:

$$W = W_p + W_k = mR^2\left(\frac{1}{2}H^2 - \frac{4}{3}\pi\rho G\right) = konst. \qquad (27)$$

Má-li výraz (27) zápornou hodnotu, nemůže se galaxie vzdálit do nekonečna, neboť její potenciální energie převažuje nad energií kinetickou. Má-li naopak výraz (27) kladnou hodnotu, může se galaxie (teoreticky) vzdálit až do nekonečna a ještě i v nekonečnu bude mít jistou nenulovou kinetickou energii. Existuje tedy jistý mezní stav, kdy W je právě rovno nule a galaxie má v tomto případě přesně únikovou rychlost. K docílení tohoto stavu je třeba, aby výraz v závorce ve vztahu (27) byl nulový, z čehož vyplývá

$$\frac{1}{2}H^2 = \frac{4}{3}\pi\rho G. \qquad (28)$$

Rovnice (28) představuje podmínku pro tzv. kritickou hustotu vesmíru ρ_c, kterou lze odsud vyjádřit explicitně

$$\rho_c = \frac{3H^2}{8\pi G}. \qquad (29)$$

Po dosazení za H podle (21) a za $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11} m^3/kgs^2$ obdržíme pro ρ_c numerickou hodnotu

$$\rho_c \doteq 4{,}7 \cdot 10^{-27} kg/m^3 \qquad (30)$$

(což odpovídá hustotě přibližně 2,7 nukleonů/m^3) [2]
Kdybychom znali přesnou hodnotu hustoty vesmíru ρ, mohli bychom nyní jednoznačně rozhodnout o křivosti (metrice) a tedy i konečnosti či nekonečnosti vesmíru. V dalších úvahách budeme diskutovat v podstatě 2 alternativy:

1) $\rho \leq \rho_c$, ($k = -1, 0$) - platí metrika (15) nebo (17) Vesmír je v tomto případě otevřený a prostorově nekonečný. Jeho expanze bude pokračovat bez časového omezení. Jeho vývoj je jednoznačně nevratný - vznikl při velkém třesku, pro jeho zánik zatím nevidíme fyzikální důvody.

2) $\rho > \rho_c$, ($k = +1$) - platí metrika (14). Vesmír je uzavřený, konečný, ale bez hranic. Vznikl při velkém třesku, podobně jako otevřený vesmír, ale jeho expanze se bude po-

[2] Výsledek byl odvozen za předpokladu platnosti Newtonova zákona (gravostatické pole). Autor [7] však poznamenává, že zůstává v platnosti i pro relativistický vesmír. ρ pak musí být interpretováno jako celková hustota energie, dělená c^2.

stupně zpomalovat, až se zcela zastaví a dojde k opačnému pochodu - kontrakci. Proces skončí gravitačním kolapsem, který je někdy nazýván "velký křach". Nor gravitačního kolapsu by teoreticky mohl dát v budoucnosti vznik novému vesmíru. Jak patrno, připouští uzavřený kosmologický model periodické opakování expanze a kolapsu. Počet cyklů v minulosti však nemůže být nekonečně veliký. Uzavřený vesmír totiž představuje izolovaný systém, pro který platí druhá věta termodynamiky. Při každém kolapsu a novém třesku se část energie dissipuje (entropie roste), což vede k prodlužování intervalů daného cyklu. (Pro představu uveďme, že je-li $\rho = 2\rho_c$, je doba trvání jednoho cyklu asi 120 miliard let). V podrobnostech je nutno čtenáře odkázat např. na [11,12].

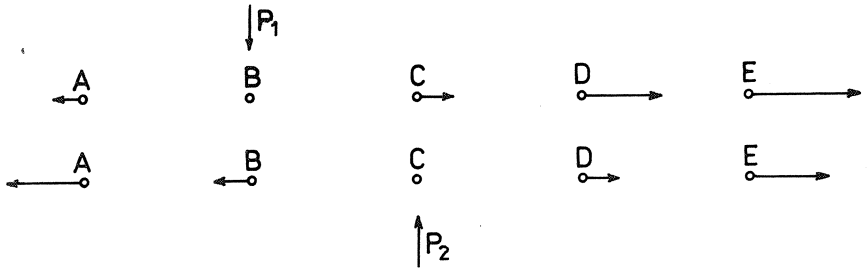
Rozhodnout o tom, který z uvažovaných kosmologických modelů je správný, pouze na základě hustoty vesmíru ρ je neobyčejně obtížné. Podrobnější rozbor dané otázky (v souhlasu s výsledky astronomických pozorování) ukazuje, že skutečná průměrná hustota vesmíru se nebude patrně příliš lišit od kritické hustoty ρ_c - pokud jí právě není rovna. Odhad hustoty mezihvězdné hmoty není možné provést s takovou přesností, aby se tento problém jednoznačně vyjasnil. Závažnou roli v tomto směru bude patrně hrát objev nenulové klidové hmotnosti neutrin. Potvrdí-li se tento objev, bude to patrně závažným argumentem pro to, abychom pokládali hustotu vesmíru za větší, než kritickou [15,16].

4. Kosmologický princip

K nejčastějším námitkám, které byly v minulosti kladeny proti teorii velkého třesku a expanzi vesmíru, patří tvrzení, že všestranný únik galaxií prý budí dojem, jako kdyby naše galaxie byla středem vesmíru a vede tedy k renesanci geocentrického světového názoru. Toto tvrzení není však ničím podložené, pokud diskutované modely expandujícího vesmíru splňují tzv. kosmologický princip, který je též někdy nazýván zobecněným Koperníkovským principem.

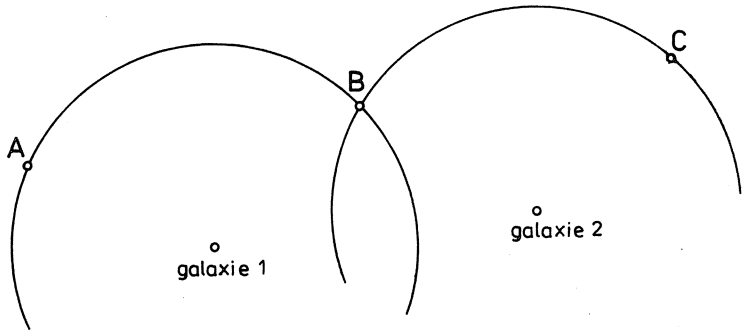
Kosmologický princip vyžaduje, aby vesmír v globálním měřítku (tzv. megakosmos) jevil v daném okamžiku z různých pozorovacích míst stejné vlastnosti. Podle tohoto principu se musí

jevit přírůstek radiálních rychlostí galaxií (Hubbleův zákon) stejně pozorovateli v galaxii B, jako pozorovateli v galaxii C, jak je znázorněno na jednorozměrném vektorovém diagramu na obr. 2. Obecně pozorovatel na kterékoliv galaxii má týž dojem.



Obr. 2

Kosmologický princip by byl ovšem pouze jistým dogmatem (pracovní hypotézou), kdyby nebyl významně podpořen poznatky o izotropii kosmického prostoru. Pomineme-li totiž některé mezery v pozorovacích datech, způsobené absorpcí světla v rovině naší galaxie, jeví vesmír při pozorování rudých posuvů pozoruhodnou sférickou symetrii. Je-li však vesmír izotropní, pak je nutně i homogenní. Důkaz tohoto tvrzení je sice triviální a všeobecně známý, přesto jej však pokládáme za tak důležitý, že jej stojí za to zopakovat. Použijme k tomu účelu obr. 3.



Obr. 3

Je-li vesmír izotropní (sféricky symetrický) kolem galaxie 1, pak platí stejné fyzikální podmínky v bodě A i v bodě B.

(Galaxie 1 může být např. naše galaxie - izotropii lze v tomto případě potvrdit přímým pozorováním). Je-li dále vesmír izotropní i kolem galaxie 2, platí stejné podmínky v bodě B i C. Odtud plyne, že fyzikální podmínky jsou stejné v bodech A i C a vesmír je tedy homogenní.

Důsledkem homogenity a izotropie prostoru je i kosmologický princip (a naopak). Předpoklad o homogenitě a izotropii vesmíru byl základním principem pro budování význačných kosmologických teorií i v minulosti (např. Einsteinův vesmír). Avšak důsledně pojatý kosmologický princip pro expandující vesmír vede k některým překvapivým závěrům, které se zdají být v rozporu nejen s klasickou fyzikou, ale i se speciální teorií relativity.

Především je zřejmé, že kosmologickému principu dokonale vyhovuje uzavřený (sférický) expandující vesmír. Jako vynikající dvourozměrný model nám může v tomto případě posloužit nafukovaná mýdlová bublina. Postavení všech hypotetických "pozorovatelů" na bublině je během nafukování dokonale stejnocenné. Lze si též dobře představit, že tento útvar počal svoji expanzi z jednoho bodu.

Daleko méně představitelná je expanze otevřených kosmologických modelů. Kdybychom totiž připustili, že tento vesmír měl na počátku (při velkém třesku) konečný objem, pak by se nikdy nemohl v konečném čase rozepnout do nekonečných rozměrů. Jinak řečeno, je-li dnes vesmír nekonečný, musel být nekonečný i v okamžiku svého vzniku. Přesto daný kosmologický model předpokládá, že objem vesmíru vzrostl od okamžiku velkého třesku do dnešní doby více než 10^{123}krát ! Matematika tento fakt nemůže překvapit - násobíme-li nekonečno jakýmkoliv číslem, vůbec se nezmění. Jiná je otázka fyzikální reality - jsme zvyklí, že celek je vždy větší než jeho část. Jak patrno, jsou nekonečné kosmologické modely při nejmenším transcendentní.

Kosmologie jakožto exaktní věda se však obratně vyhýbá kvantitativním úvahám s nekonečnými veličinami. Zkoumatelný vesmír je totiž vždy konečný - bez ohledu na to, který kosmologický model vezmeme za základ našich úvah - neboť je omezen tzv. horizontem.

K pojmu horizontu dospějeme prostou extrapolací Hubbleova zákona

$$v = HR \tag{31}$$

dosadíme-li za v rychlost světla c. Horizontem pak rozumíme plochu kulovou, opsanou z místa pozorovatele poloměrem R_m, která omezuje sféru galaxií, jejichž radiální rychlost je menší než rychlost světla, tedy

$$R_m \leq \frac{c}{H} \qquad (32)$$

Číselně je maximální možná vzdálenost horizontu rovna charakteristické době expanze T podle (22), vyjádřené ve světelných rocích; tedy v našem případě 19,6 miliard světelných roků. Skutečná vzdálenost horizontu bude patrně ještě o něco menší, neboť je limitována stářím vesmíru - žádný signál světelný ani gravitační k nám nemůže proniknout z větší vzdálenosti, nežli je doba existence vesmíru, vyjádřená ve světelných rocích. Vzhledem k tomu, že tuto dobu přesně neznáme, budeme v dalších úvahách vycházet z hodnoty R_m podle (32).

Žádný objekt ležící za horizontem nemůže být zaznamenán našimi přístroji a nijak nepřispívá k celkovému gravitačnímu potenciálu vesmíru. Gravitační potenciál Fridmanových otevřených kosmologických modelů má tedy konečnou hodnotu, aniž by bylo třeba předpokládat nenulovou klidovou hmotnost gravitonu, jak je tomu u Seeligerova vesmíru. Oblast vesmíru, omezenou horizontem, nazval prof. Horák výstižně "fyzikální vesmír" [2]. Fyzikální vesmír je vždy konečný a je schopný fyzikální kvantifikace. Ve všech dalších matematických úvahách se proto omezíme na tento fyzikální vesmír.

Důsledně pojatý kosmologický princip vede však ve svých důsledcích k závažným rozporům se speciální teorií relativity. Připustíme-li obecnou extrapolaci Hubbleova zákona pro libovolně velké $R > R_m$, pak musíme i připustit existenci galaxií za horizontem, jejichž relativní rychlost vůči našemu systému je větší než rychlost světla c. To je ovšem ve sporu s Einsteinovým vzorcem pro skládání rychlostí. Fyzika zde zřejmě stojí před závažným dilematem: buď bude preferovat důslednou platnost Lorentzovy transformace (která byla dosud vždy experimentálně ověřena) a bude muset omezit kosmologický princip, nebo přijme kosmologický princip bezvýhradně, a pak bude třeba korigovat některé závěry, vyplývající ze speciální teorie relativity. Moderní kosmologie se staví za druhou jmenovanou alternativu: podstatu rudého posuvu vidí v tom, že se rozpíná sám

prostor a na toto rozpínání nelze užít vztahů speciální teorie relativity. Podrobnější rozbor daného problému nelze podat v této práci; bližší zájemce je třeba odkázat na speciální literaturu, např. [9,12].

Na závěr tohoto odstavce je třeba ještě poznamenat, že u sférického (uzavřeného) Fridmanova modelu jsou teoreticky možné 2 varianty:

1) Vesmír, expandující podsvětelnou rychlostí, ve kterém relativní rychlost galaxií je vždy menší než c. Mezní poloměr R_m takového vesmíru vyplývá tedy z podmínky, že galaxie v antipodu (protilehlém bodu na hypersféře) se vzdaluje právě rychlostí světla:

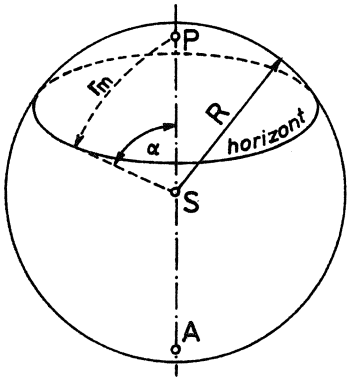
$$H\pi R = c \quad \text{a tedy} \quad R_m < \frac{c}{H\pi} \qquad (32)$$

V tomto"podsvětelném " vesmíru horizont neexistuje a takový sférický vesmír je totožný s vesmírem fyzikálním.

2) Vesmír, expandující nadsvětelnou rychlostí, jehož horizont je omezen kulovou plochou o poloměru r_m, který souvisí s poloměrem sférického prostoru vztahy:

$$R_m = \frac{c}{H\alpha} \implies \alpha R_m = r_m = \frac{c}{H} \qquad (33)$$

Dvojrozměrná analogie takového horizontu na ploše kulové je znázorněna na obr. 4.



Obr. 4

Z uvedeného je patrno, že pro sférický kosmologický model je předpoklad o existenci galaxií za horizontem možný, nikoliv však nezbytný.

Naproti tomu je zřejmé, že pro otevřené Fridmanovy modely je předpoklad o existenci galaxií za horizontem vždy nutný. (V opačném případě nebude splněn kosmologický princip).

5. Gravitační potenciál expandujícího vesmíru

V článku [5], publikovaném v tomto časopisu, byl podrobně diskutován tzv. Machův princip, podle kterého je třeba hledat původ setrvačných sil v gravitačním poli vesmíru. Na základě tohoto principu odvodil prof. Horák [2,3,4] fundamentální závislost mezi rychlostí světla c a gravitačním potenciálem vesmíru U_*

$$U_* = -c^2, \tag{34}$$

která je též nazývána "Machovskou podmínkou". Výpočet gravitačního potenciálu různých typů statických kosmologických modelů, provedený ve zmíněné práci [5] ukazuje, že statické kosmologické modely - zejména Einsteinův sférický vesmír - splňují velmi dobře podmínku (34) a jsou tedy ve shodě s Machovým principem. V tomto odstavci se chceme pokusit o řešení podstatně komplikovanější úlohy - stanovit gravitační potenciál expandujícího vesmíru a takto získané výsledky porovnat s relací (34).

Je třeba ovšem předeslat, že daný výpočet bude pouze prvním přiblížením ke skutečnosti, neboť budeme vycházet ze speciálně relativistické transformace sil, která byla odvozena z Lorentzovy transformace. Jak již však bylo řečeno v předchozím odstavci, je třeba při aplikaci vztahů speciální teorie relativnosti na kosmologické modely, vyhovující kosmologickému principu dbát jisté opatrnosti, a proto lze výsledky považovat pouze za přibližné.

K výpočtu gravitačního potenciálu expandujícího vesmíru nemůžeme vycházet z klasického Newtonova zákona

$$F = G\frac{mM}{r^2}, \tag{35}$$

který definuje tzv. gravistatické pole. Vztah (35) platí pouze tehdy, jsou-li rychlosti obou uvažovaných těles (vzhledem k pozorovateli) malé ve srovnání s rychlostí světla. Expanze vesmíru, kdy se radiální rychlosti vzdálených galaxií blíží rychlosti světla, vyvolává v místě pozorovatele tzv. gravidynamické pole, k jehož popisu je třeba zobecnit původní Newtonův zákon.

Použijeme vztah pro speciálně relativistickou transformaci sil, odvozený v [1,13]. Předpokládáme, že rychlost u zkoumané částice vzhledem k pozorovateli v soustavě S je malá ve srovnání s rychlostí světla, kdežto rychlost v zdrojového objektu (o klidové hmotnosti M_0) je srovnatelná s rychlostí světla. Vzájemné působení obou objektů je pak popsáno vektorovou rovnicí

$$\vec{F} = \Gamma_* \vec{F}_s(r)\left[\vec{r}_0 + \frac{1}{c^2}\vec{u}\times(\vec{v}\times\vec{r}_0)\right], \quad u \ll c,\ v < c \tag{36}$$

kde Γ_* je tzv. Heavisideův faktor

$$\Gamma_* = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)\left(1 - \frac{|\vec{v}\times\vec{r}_0|^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}} \tag{37}$$

a $\vec{r}_0$ jednotkový vektor ve směru průvodiče $\vec{r}$. Síla $\vec{F}_s(r)$ je měřena z hlediska pozorovatele v soustavě S a je vyjádřena jako funkce vzdálenosti r od zdrojového hmotného objektu. Pohybuje-li se zdrojový objekt vzhledem k soustavě S stálou rychlostí $\vec{v}$, určuje sílu $\vec{F}_s(r)$ tzv. zobecněný Newtonův zákon:

$$\vec{F}_s(r) = \vec{F}_{gs} = -\frac{G}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\cdot\frac{m_0 M_0}{r^2}\vec{r}_0 = -GM_s\frac{m_0}{r^2}\vec{r}_0. \tag{38}$$

M_s je tzv. zdánlivá hmotnost zdrojového tělesa vzhledem k pozorovateli (v soustavě S)

$$M_s = \frac{M_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}. \tag{39}$$

Záporné znaménko na pravé straně r. (38) indikuje přitažlivou sílu, která působí vždy proti směru vektoru $\vec{r_o}$.

Při výpočtu gravitačního potenciálu vesmíru, kdy zdrojovým objektem gravitačního pole jsou galaxie, konající převážně radiální pohyb, budou vektory $\vec{v}$ a $\vec{r_o}$ rovnoběžné, takže vektorový součin $(\vec{v} \times \vec{r_o})$ bude roven nule. Vztahy (36), (37) se pak zjednoduší

$$\vec{F} = \Gamma_* F_s(r)\,\vec{r_o}\,, \qquad \Gamma_* = 1 - \frac{v^2}{c^2}\,. \tag{40}$$

Vektor gravidynamické síly lze pak vyjádřit ve tvaru

$$\vec{F} = -\Gamma_* G \frac{M_s m_o}{r^2}\,\vec{r_o}\,, \tag{41}$$

kam je třeba dosadit za M_s podle (39) a za Γ_* podle (40). Vztah pro intenzitu gravitačního pole $\vec{K}$, vzbuzeného objektem, konajícím radiální pohyb stálou rychlostí v , srovnatelnou s rychlostí světla, obdržíme z (41), kladouce $m_o = 1$:

$$\vec{K} = -\Gamma_* G \frac{M_s}{r^2}\vec{r_o} = -\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) G \frac{M_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{\vec{r_o}}{r^2} =$$

$$= -G\frac{M_o}{r^2}\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\;\vec{r_o} \tag{42}$$

Gravitační pole intenzity $\vec{K}$ může být také popsáno skalární veličinou - gravitačním potenciálem U . Tuto veličinu lze stanovit buď jako práci, potřebnou k přenesení částice jednotkové hmotnosti z nekonečna do daného bodu (jak bylo ukázáno v práci [5]), nebo i jednodušší cestou, vyjdeme-li ze základní rovnice, vyjadřující souvislost mezi skalárním a vektorovým polem:

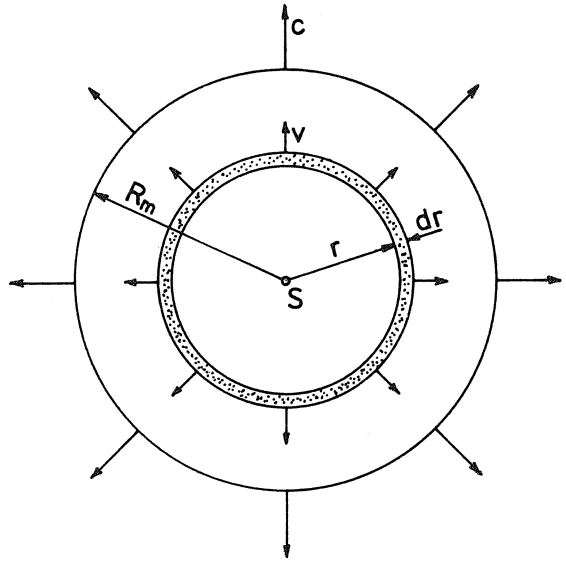
$$\vec{K} = -\,\mathrm{grad}\,U = -\frac{dU}{dr}\,\vec{r_o}\,. \tag{43}$$

Podaří-li se nám sestrojit takovou funkci U , aby platil vztah (43), je tím potenciál definován (až na aditivní konstantu, kterou klademe rovnu nule).

V daném případě poli intenzity, dané vztahem (42), přísluší potenciál

$$U = -\frac{GM_o}{r}\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \tag{44}$$

Předpokládejme, že pozorovatel (spojený se soustavou S) se nachází ve středu expandujícího vesmíru, jak je znázorněno na obr. 5.



Obr. 5

Galaxie, nacházející se v elementární sférické mezivrstvě o tloušťce dr ve vzdálenosti r budou mít při izotropní expanzi vesmíru stejnou radiální rychlost $v = Hr$, danou Hubbleovým zákonem. Intenzita gravitačního pole, vzbuzeného sféricky symetrickou vrstvou galaxií bude zřejmě rovna nule, neboť gravitační síly se v důsledku symetrie vzájemně ruší, gravitační potenciál má však nenulovou, konečnou hodnotu. Je-li ρ_o klidová hustota vesmíru, pak kulová mezivrstva objemu

$$dV = 4\pi r^2 dr$$

budí v bodě S elementární gravitační potenciál dU_*

$$dU_* = -G\frac{dV}{r}\rho_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = -4\pi G\rho_0 r\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\,dr \qquad (45)$$

Integrací výrazu (45) lze určit celkový gravitační potenciál expandujícího euklidovského vesmíru. Omezíme se samozřejmě na konečný, fyzikální vesmír, omezený horizontem ve vzdálenosti R_m

$$R_m = \frac{c}{H}.$$

Poznamenejme, že platí-li kosmologický princip, platí i předchozí úvaha pro kterékoliv pozorovací stanoviště ve vesmíru, neboť kolem každého bodu lze opsat horizont o poloměru R_m a gravitační potenciál nekonečného expandujícího vesmíru bude mít konstantní hodnotu, nezávislou na poloze pozorovatele. Kdyby byl vesmír naopak euklidovský a konečný, závisela by hodnota gravitačního potenciálu na poloze (zmenšovala by se směrem k okraji vesmíru).

Výpočet celkového gravitačního potenciálu vesmíru U_* provedeme za předpokladu, že Hubbleův zákon platí v celém uvažovaném fyzikálním vesmíru, jak to vyžaduje kosmologický princip. Po dosazení za v podle Hubbleova zákona do (45) obdržíme výraz pro element gravitačního potenciálu ve tvaru:

$$dU_* = -\frac{4\pi G\rho_0}{c}\,r\sqrt{c^2-H^2r^2}\,dr, \qquad Hr \leq c \qquad (46)$$

Za povšimnutí stojí, že pro $Hr \to c$ (blíží-li se zdrojové objekty k horizontu) konverguje hodnota výrazu (46) k nule, což je v souhlase s naším původním tvrzením, že Fridmanův otevřený model není zatížen gravitačním paradoxem. Pro $Hr > c$ pozbývá výraz (46) reality (objekty za horizontem nemohou budit žádné gravitační pole).

Gravitační potenciál části vesmíru obecného poloměru $R < R_m$ je dán integrálem

$$U_* = -\frac{4\pi G\rho_0}{c}\int_0^R r\sqrt{c^2-H^2r^2}\,dr, \qquad (47)$$

který řešíme substitucí

$$u = c^2 - H^2r^2$$

Pak platí:

$$\int_0^R r\sqrt{c^2-H^2r^2}\,dr = -\frac{1}{2H^2}\int_0^R\sqrt{u}\,du = -\frac{1}{3H^2}u^{3/2}\Big|_0^R = -\frac{1}{3H^2}\left(c^2-H^2r^2\right)^{3/2}\Big|_0^R =$$

$$= \frac{1}{3H^2}\left[c^3-\left(c^2-H^2R^2\right)^{3/2}\right] \qquad (48)$$

Provedeme-li integraci až k horizontu, bude $c^2 - H^2R^2 = 0$, takže obdržíme gravitační potenciál celého fyzikálního expandujícího vesmíru U_* :

$$U_* = -\frac{4\pi G\rho_0 c^2}{3H^2}. \qquad (49)$$

Položíme-li klidovou hustotu vesmíru ρ_0 rovnu kritické hustotě ρ_c podle (29) dospíváme k rovnici

$$U_* = -\frac{1}{2}c^2 \qquad (50)$$

která, až na multiplikační faktor $1/2$, souhlasí s "Machovskou" podmínkou (34). Za předpokladu, že hustota vesmíru je rovna hustotě kritické, je možné uspokojivě vysvětlit původ pouze jedné poloviny setrvačných sil. Jestliže však pokládáme a priori Machův princip za správný, musíme naopak vyjít z obecné platnosti rovnice (34) a vyjádřit odtud explicitně hustotu expandujícího vesmíru ρ_*. Tak obdržíme relaci

$$\rho_* = \frac{3H^2}{4\pi G} = 2\rho_c, \qquad (51)$$

která vyžaduje pro expandující vesmír dvojnásobnou hustotu než kritickou, což mluví ve prospěch uzavřeného kosmologického modelu.

Jako druhou možnou variantu vyšetříme ještě gravitační potenciál expandujícího sférického vesmíru, jehož metrika je dána vztahem (14). Pro elementární přírůstek gravitačního potenciálu sférické mezivrstvy bude platit vztah (45), zobecněný pro danou neeuklidovskou metriku; tedy:

$$dU_* = -G\frac{dV}{r}\varrho_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\,, \tag{52}$$

kde dV je element sférického prostoru a r vzdálenost zdrojových objektů (galaxií), měřená na hypersféře po geodetické čáře:

$$dV = \sqrt{\gamma}\,d\psi\,d\vartheta\,d\varphi\,, \qquad r = R\psi\,. \tag{53}$$

γ je determinant metrického tenzoru, jehož složky jsou:

$$\gamma_{11} = R^2, \qquad \gamma_{22} = R^2\sin^2\psi\,, \qquad \gamma_{33} = R^2\sin^2\psi\sin^2\vartheta,$$

$$\gamma_{ik} = 0 \quad pro \quad i \neq k \tag{54}$$

a determinant metrického tenzoru má tedy hodnotu:

$$\gamma = |\gamma_{ik}| = \gamma_{11}\gamma_{22}\gamma_{33} = R^6\sin^4\psi\sin^2\vartheta\,. \tag{55}$$

Dosadíme-li ještě podle Hubbleova zákona za $v = Hr$, pak se zřetelem na (53) a (55) nabývá výraz (52) tvaru:

$$dU_* = -G\varrho_0 R^2 d\varphi\sin\vartheta\,d\vartheta\,\frac{\sin^2\psi}{\psi}\sqrt{1-\frac{H^2R^2\psi^2}{c^2}}\,d\psi\,. \tag{56}$$

V dalším výpočtu se omezíme na sférický vesmír, expandující podsvětelnou rychlostí, který jsme definovali vztahem (32). Pro poloměr sférického vesmíru bude pak platit vztah

$$R = \frac{c}{H\pi}\,, \tag{57}$$

který říká, že pouze bod v antipódu se vzdaluje rychlostí světla a v takovém vesmíru neexistují tedy žádné galaxie za horizontem. Tento, snad poněkud konzervativní předpoklad, představuje ovšem jistou limitu, ke které se budou více či méně blížit nadsvětelné sférické modely. Po dosazení tohoto předpokladu do (56) je možné provést integraci přes celou hypersféru a platí tedy

$$U_* = -G\varrho_0\frac{c^2}{H^2\pi^2}\int_0^{2\pi}d\varphi\int_0^{\pi}\sin\vartheta\,d\vartheta\int_0^{\pi}\frac{\sin^2\psi}{\psi}\sqrt{1-\frac{\psi^2}{\pi^2}}\,d\psi =$$

$$= -\frac{4}{\pi}G\varrho_0\frac{c^2}{H^2}\int_0^{\pi}\frac{\sin^2\psi}{\psi}\sqrt{1-\frac{\psi^2}{\pi^2}}\,d\psi \tag{58}$$

Poslední integrál ve výrazu (58) byl vypočten numericky podle Simpsonova pravidla. Řešení dává:

$$\int_0^{\pi}\frac{\sin^2\psi}{\psi}\sqrt{1-\frac{\psi^2}{\pi^2}}\,d\psi \doteq 1{,}079 \tag{59}$$

a gravitační potenciál má podle (58) hodnotu:

$$U_* = -\frac{4{,}316}{\pi}G\varrho_0\frac{c^2}{H^2}\,. \tag{60}$$

Položíme-li $U_* = -c^2$, jak požaduje Machův princip, dostáváme podmínku, pro klidovou hustotu sférického vesmíru, expandujícího podsvětelnou rychlostí:

$$\varrho_{s*} = \frac{\pi H^2}{4{,}316\,G} = 0{,}728\,\frac{H^2}{G}\,. \tag{61}$$

Srovnáním s kritickou hustotou

$$\varrho_c = \frac{3H^2}{8\pi G} = 0{,}119\,\frac{H^2}{G}\,, \tag{62}$$

dospíváme k relaci

$$\rho_{s*} = 6{,}09\,\rho_c \doteq 6\rho_c = 3\rho_* \qquad (63)$$

Machův princip tedy požaduje pro sférický vesmír, expandující podsvětelnou rychlostí, 6x větší hustotu, než je kritická hustota ρ_c, ovšem pouze 3x větší hustotu, než je hustota ρ_* expandujícího euklidovského vesmíru, vyhovujícího Machovu principu.

Kdybychom analysovali z daného hlediska sférický vesmír, expandující nadsvětelnou rychlostí, ovlivnily by pozorovatele v bodě P podle obr. 4 pouze galaxie před horizontem. Integrace (59) by se pak provedla pro $0 \leq \psi \leq \alpha$, kde α vyplývá ze vztahu (33). Pro α v daném intervalu bychom obecně obdrželi hustotu ρ_s, která by ležela v mezích

$$\rho_* < \rho_s < \rho_{s*} \qquad (64)$$

a blížila by se shora hustotě euklidovského vesmíru tím více, čím větší by byl poloměr R expandujícího vesmíru.

Na závěr tohoto odstavce je třeba znovu zdůraznit, že při daném výpočtu jsme vycházeli z předpokladu, že lineární tvar Hubbleova zákona platí obecně v celém fyzikálním vesmíru. Tento předpoklad, vyhovující kosmologickému principu, nelze ovšem zatím v celém rozsahu přímým pozorováním dokázat.

Závěr

Cílem předložené práce bylo především informovat naši technickou veřejnost o některých problémech současné kosmologie. V návaznosti na práci [5], publikovanou v tomto časopise v r. 1981, byla naznačena cesta k řešení závažného fyzikálního problému - ověření platnosti tzv. "Machovské podmínky", tj. relace mezi rychlostí světla a gravitačním potenciálem expandujícího vesmíru. Pokládáme-li Machův princip za správný, může být této relace naopak použito k určení průměrné hustoty kosmu ρ_0; stanovení této veličiny na základě výsledků astronomických pozorování je velice obtížné a dosud nepřesné.

Výpočty, provedené za jistých zjednodušujících předpokladů, jejichž postup je naznačen v odst. 5, dávají pro klidovou hustotu vesmíru vesměs větší hodnotu, nežli je tzv. kritická hustota, příslušející podle stávajících kosmologických teorií otevřenému euklidovskému vesmíru. Z daných výsledků, které představují zatím první pokus o řešení této otázky, nelze samozřejmě činit jednoznačné závěry, avšak některé výsledky nukleární fyziky, týkající se nenulové klidové hmotnosti neutrin, tento fakt významně podporují. Jak ukazují teoretické úvahy, diskutované např. v [15,16], stačí, aby neutrina měla jen nepatrnou klidovou hmotnost m_ν řádu

$$m_\nu = (10 \div 25)\ eV/c^2$$

a jejich celkový příspěvek k hmotnosti vesmíru bude srovnatelný s hmotností všech baryonů. Z tohoto hlediska by byla vysvětlitelná dvoj- i vícenásobná hustota vesmíru, než je hustota kritická. Na druhé straně ovšem musíme mít na paměti, že příliš velké odchylky hustoty vesmíru od hustoty kritické by způsobily znatelné zpomalení radiální rychlosti vzdálených galaxií (odchylky od Hubbleova zákona), čemuž výsledky astronomických pozorování zatím nenasvědčují.

Všechny diskutované kosmologické modely jsou ovšem budovány na předpokladu, že rychlost světla c je neměnná fyzikální konstanta. Přijmeme-li však obecný důsledek Machova principu, podle kterého je rychlost světla pouze funkcí rozložení hmoty v prostoru, dojdeme k závažným kosmologickým důsledkům, které se dotýkají i otázky existence galaxií za horizontem. Řešení těchto otázek zůstává i nadále otevřeným problémem.

Pokládám za milou povinnost, abych touto cestou poděkoval s. prof. RNDr. Z. Horákovi, DrSc. za konzultační pomoc a poskytnutí četných podkladů. To ovšem neznamená, že nedostatky této práce by měly být přičteny někomu jinému než mně. Pokud nebude čtenář s některými fakty a vývody souhlasit, pak se jistě najdou možnosti, jak otevřít na dané téma diskusi na stránkách tohoto časopisu.

Literatura

[1] Horák Z., Krupka F.: Fyzika, kap. 5, SNTL Praha 1981.

[2] Horák Z.: Rychlost elektromagnetických vln a gravitační potenciál vesmíru (Elektrotechnický obzor 52, 1963, s.157).

[3] Horák Z.: Cosmological Implications of the Universal Validity of the Relativity Theory (9th Int. Conf. on General Relativity and Gravitation, 1980).

[4] Horák Z.: Physical Uniformity of the Universe (Astrophysics and Space Science 78 (1981), s.287).

[5] Ulrych E.: Machův princip v mechanice a jeho kosmologické důsledky (Bulletin Čs. spol. pro mechaniku, 1981, č.3).

[6] Møller C.: The Theory of Relativity. Clarendon Press Oxford 1972.

[7] Weinberg S.: The First Three Minutes. Basic Books, Ing., Publishers New York 1977 (Český překlad MF Praha 1983).

[8] Mc Vittie G.C.: General Relativity and Cosmology. Chapman and Hall, London 1956. (Ruský překlad Moskva 1961, § 8.2, 8.3).

[9] Grygar J., Horský Z., Mayer P.: Vesmír. MF Praha 1983.

[10] Horák Z.: Inertia, Relativity and Cosmology (Czech. J. Phys. B 19, 1969, s.703).

[11] Mc Robert A.: Beyond the Big Bang (Sky & Telescope, March 1983).

[12] Harrison E.: Cosmology. Cambridge University Press, 1981.

[13] Vybíral R.: Fyzikální pole z hlediska teorie relativity, § 2.3.2, SPN Praha 1976.

[14] Kučera J., Horák Ž.: Tenzory v elektrotechnice a ve fyzice, § 6.5, Academia Praha 1963.

[15] Tayler R.J.: Neutrinos in Cosmology (Europhysics News, Vol. 14, No 7, 1983).

[16] Sciama D.W.: The Role of Particle Physics in Cosmology and Galactic Astronomy.

ČSSM - Sekce experimentální mechanika

Činnost odborných skupin je v souladu se základními cíli a posláním ČSSM zaměřena na experimentální problematiku všech odvětví mechaniky po stránce metodické i aplikační. Záměrem činnosti je přinášet a rozšiřovat poznatky o nových experimentálních metodách, o rozvoji metod používaných a o zkušenostech s jejich aplikováním a schopnosti poskytnout žádoucí výsledky.

Experimentálními metodami se rozumí jak metody modelové, kde preference je přiznávána rozvoji metod nikoli jen matematicky analogových, ale zejména těch, které jsou schopny simulovat studovaný fyzikální děj v jeho rozhodujících efektech a podat o něm potřebné informace schůdnější cestou, než děj samotný, tak i metody měřící žádané mechanické parametry s dosažitelnou správností a přesností. Je samozřejmé, že k předmětnému oboru patří i tematika teorie modelů, sběru a vyhodnocování dat a hraniční informatika a tematika postupů hybridních, kde experiment navazuje (nebo předchází) na část řešení cestou matematické analýzy (nejčastěji MKP) k získání potřebného výsledku.

Současná organizační struktura není zcela vyvinuta. Vyvinula se do značné míry v souladu s plněním úkolů ČSSM a jejím růstem za období uplynulé od jejího založení; nelze přehlédnout ani podstatný fakt závislosti konstituování a činnosti odborných skupin na aktivitě a zájmu jejích členů. Nezahrnuje oblast experimentální mechaniky tekutin, která je pro poměrně nízký počet zájemců a většinou i jejich širší zaměření pěstována zatím v odpovídajících odborných skupinách teoretických. Určité překrývání tématik, dané převážně zaměřením pracovníků, nelze vyloučit i v jiných disciplinách (např. kompozitní materiály, únavové porušování, geomechanika) a konečně strukturní vyhranění není ani žádoucí. Rozhodujícím momentem je zájem členů ČSSM na činnosti v tom kterém směru a výměně zkušeností s kolegy z jiných pracovišť. Tím není dán ovšem konečný stav, ČSSM je živý orgán a pokud členové projeví zájem o některou specializaci a ochotu se aktivně na organizaci podílet, je možnost založení další odborné skupiny otevřena.

Současnou organizační strukturu tvoří (na prvém místě uváděn předseda, na druhém vědecký tajemník):

Sekce experimentální mechaniky: J. Javornický (ÚTAM-ČSAV),
J. Zemánková (ČVUT-FJFI).

Dalšími členy výboru jsou předsedové jednotlivých odborných skupin sekce.

Odborná skupina metody interakce numerické a experimentální analýzy

O.Kropáč (VZLÚ), J.Náprstek (ÚTAM-ČSAV), M.Balda (ÚVS-Škoda Plzeň), P.Kopřiva (FJFI-ČVUT), B.Pardubský (SVÚSS).

Činnost o.s. zahrnuje tématické okruhy: teorie modelů jakožto universálních prostředků vědeckého poznání; výchozí obecné poznatky a metody teorie pravděpodobnosti a matematické statistiky; praktické metody vytváření modelů objektivní reality se zvláštním zřetelem na náhodné jevy; problematiku kalibrace snímačů a celých měřicích řetězců z obecných hledisek matematické statistiky a teorie informace; obecné otázky identifikace procesů a soustav; interakce experimentu a automatizované výpočetní techniky (metodika plánování experimentu a automatizace řízení jejich průběhu počítačem); technické a programovací prostředky pro realizaci automatizovaných systémů řízených experimentů; problematiku symboliky, terminologie a normalizace základních obecných metodických prostředků; metody zpracování experimentální informace jednotlivých odvětví experimentální mechaniky se zaměřením na speciální metodické postupy; popis rovinných a prostorových polí různých fyzikálních veličin pomocí regresních modelů parametrických i neparametrických; analytický popis a metody vyhodnocování reálných zatěžovacích procesů obecných vlastností působících na stroje, konstrukce a zařízení; metody zpracování digitálního obrazového signálu; vyhodnocování rázových jevů v různých prostředích, experimentální úlohy z oblasti životnosti a spolehlivosti.

Odborná skupina experimentální analýzy napětí

S.Holý (ČVUT-FSt), P.Jaroš (SVÚSS), J.Baláš (ÚSTARCH-SAV),

J.Beneš (ÚT-ČSAV), M.Crha (VUT Brno-FSv), M.Drdácký (ÚTAM-ČSAV), G.Eggenberger (VUT Košice-FSt), M.Hrabovský (VÚ Sigma Olomouc), G.Hulman (VÚ ZTS Martin), V.Humen (VŠST Liberec-FSt), J.Javornický (ÚTAM-ČSAV), L.Klaboch (SVÚSS), E.Klaner (Hutní projekt Ostrava), M.Kopecký (VŠD Žilina), J.Lukas (VZLÚ), J.Málek (ÚGG ČSAV), M.Mikolová (SVŠT Bratislava-FSv), J.Poláček (VÚ Sigma Praha), J.Slavík (VUT Brno-FSt), J.Truhlář (SVÚSS), J.Vísner (Škoda-VJE Plzeň), M.Vrzal (ŠKODA, závod Válcovny, Plzeň).

V rámci o.s. pracují ad hoc složené odborné komise zaměřené na užší problematiku:

Komise optických metod EAN (J.Truhlář).
Komise pro odporovou tensometrii (L.Klaboch).
Komise pro informace o komerčních přístrojích (J.Vísner).
Komise pro výuku (J.Slavík).

Tématický okruh o.s. pokrývá všechny experimentální metody analýzy napětí a deformací pevné fáze (optické, elektrické, akustické, magnetické atd.) i hraniční metody a metodiky s jinými disciplinami mechaniky a fyziky pevné fáze. Zabývá se uplatněním těchto metod v laboratořích vědeckých, výzkumných a průmyslových i měřeními in situ a výměnou zkušeností s jejich aplikací a hodnocením povahy a rozsahu získávaných výsledků. Věnuje se i problematice trhu přístrojů a výuky. Činnost probíhá diskusemi při příležitostech jednotlivých přednášek nebo dílčích setkání, pořádaných odbornými komisemi a vrcholí dosud každoročně celostátní konferencí s národní i mezinárodní účastí, pořádanou obvykle ve spolupráci s ČSVTS nebo hostitelskou institucí z oblasti výzkumu a vysokých škol. Program těchto konferencí je otevřen i příspěvkům z jiných odborných skupin sekce, případně i jiných sekcí (např. biomechaniky). O.s. spolupracuje s řadou ZP-ČVTS a kromě pozvánek k jednotlivým akcím informuje své členy v samostatné kapitole každého čísla Bulletinu ČSSM.

Odborná skupina akustických metod v mechanice

M.Převorovský (ÚT-ČSAV), J.Čermák (ČVUT-FSt), R.Brepta (UTIA-ČSAV), J.Koula (SVÚM), M.Brumovský (ŠKODA Plzeň-VJE).

Činnost o.s. se orientuje na specifickou oblast experimentální mechaniky, akustické a ultrazvukové metody, defektoskopie a vyšetřování strukturních pohybů. Je možno ji vymezit těmito tématickými okruhy:
akustická emise pro sledování vzniku a rozvoje poruch soudružnosti a nedestruktivní metoda kontroly stavu namáhaných konstrukcí; akustické metody sledování šíření elastických vln deformací v tuhých tělesech; metody akustické defektoskopie, tj. ultrazvuková defektoskopie vad, vztah mezi akustickými charakteristikami materiálu a pevností resp. lomovou houževnatostí; ultrazvukové metody studia mechanických vlastností, m.j. měření dynamických modulů pružnosti, útlumu, relaxačních spekter viskoelastických materiálů atd.; šíření a generování povrchových vln v tělesech, především měření délky a orientace trhlin, aplikace zvukovodů atd.
Činnost probíhá převážně ve formě diskusních schůzek, které jsou 3x až 4x do roka plánovány k jednotlivým metodickým problémům.

Odborná skupina pro experimentální výzkum dynamické odezvy materiálových struktur a dynamiky lomu

J.Zemánková (ČVUT-FJFI), V.Humen (VŠST-FSt), J.Beneš (ÚT-ČSAV), F.Bílek (ÚFM-ČSAV), R.Brepta (UTIA-ČSAV).
Tématický okruh zájmů o.s. zahrnuje experimentální sledování rychlého lomu; modelový výzkum mechanismu lomu na polymerních materiálech, kovových tělesech aj.; zjišťování faktoru intenzity napětí aj.; problematiku výzkumu chování materiálů při vysokých rychlostech namáhání, diskusi a hledání stavových veličin a lomových kriterií rychlého porušování ev. při nestacionárních metodách atd.
Činnost skupiny probíhá v pořádání schůzek členů s diskusním obsahem.

Doc.ing. Jan Javornický, DrSc.

EAN

Analyses des Contraintes (R.F.M.) přináší v č. 4/1983 dva články z oblasti optických metod analýzy:

Optické parametry ve třídimensionální fotoelasticimetrii, jehož autory jsou A. Lagarde, J. Brillaud a R. Dessilly (str. 47-52), vychází ze základních představ vývoje metod, založených na vyhodnocování rovinné vrstvy modelu jako homogenní dvojlomné vrstvy . Na základě nedávných prací o šíření světelných vln je použita odlišná analýza vrstvy, ve které - v obecném případě rotace sekundárních hlavních směrů - se uvažují tři optické parametry, jež mohou být určeny bodovým měřením nedestruktivní metodou lineární detekce a z nichž dva jsou parametry potřebné k určení mechanického stavu. Tento postup umožňuje za použití celkových fotoelastických obrazců interpretovat údaje získané z měření vrstvy, ať již je tato získána zmrazovací metodou nebo metodou optického řezání.

Nová optická metoda měření homogenní deformace v transparentním materiálu, navržená v článku, jehož autory jsou J.C. Braud a G. Martin (str. 53-55) je založena na metodě Youngových proužků a efektu moiré. Vyžaduje pro určení deformace měřit pouze rozteč obou vznikajících mřížek.

ICEM 1985, mezinárodní konference o experimentální mechanice, se koná v Pekingu od 7. do 10. října 1985. Pořadateli jsou Čínská společnost teoretické a aplikované mechaniky a Japonská společnost pro nedestruktivní zkoušení.
Programem konference jsou všechny metody analýzy napětí a deformací, lomová mechanika, akustická emise, biomechanika ad.
Abstrakt příspěvku je nutno zaslat na dolejší adresu do 30. září 1984, termín pro rukopis přijatého příspěvku (rozsah 6 stran) je 28. února 1985. Jednací řeč je angličtina.
Vědeckým sekretářem konference je Prof. Zhon XINGENG, Depart. of Engineering Mechanics, Tsinghua University, Beijing, China.

R.F.M./Analyse des Contraintes přináší v č. 3 (posledním) ročníku 1983 článek "O použití stereofotogrammetrie pro měření velkých deformací" (str. 55-63), jehož autorem je J. Desrues. Je zaměřen na techniku terénních měření a jejich vyhodnocování při rovinných deformacích, se zvláštním ohledem na počítačové zpracování a vyčíslení chyb triangulace. Metoda je ilustrována příkladem měření dvouosého přetváření granulárního objektu (písku).

Sborník 7. mezinárodní konference EAN, Haifa, 1982 došel laskavostí předsedy GESA prof. Laermanna na adresu předsedy sekce EM. Sborník o 632 stranách obsahuje 68 příspěvků ze všech oborů EAN. Zájemci si mohou vyžádat sborník k nahlédnutí.

Analyse des Contraintes v 1. čísle ročníku 1984 uveřejňuje příspěspěvek A. Roberta a J. Rouge "Akustický transmisní polarimetr" (str. 41-46), který přináší praktické pokyny pro stavbu tohoto přístroje, který je zamýšlen pro použití v běžné laboratoři a sestavu celé aparatury včetně analogového (nebo digit.) záznamu. Sestava zvyšuje přesnost měření, takže se vyrovná jiným metodám analýzy.

Souborný článek R. Desaillyho a A. Lagarda "Metoda optického rozřezávání v prostorové fotoelasticimetrii" rekapituluje její základy, uvádí detaily provedení aparatury a přináší ukázky praktického měření touto velice slibnou metodou.

V září 1985 se koná "Mezinárodní kongres DYMAT 85" v Palaiseau u Paříže s tématikou soustředěnou na "mechanické a fyzikální chování materiálů za dynamických účinků". Informace podá "Association DYMAT-ETCA, 11 bis, avenue de la Coté d'Or, 941 14 Arcueil Cedex, Francie.

Bulletin EAN "Informační dny o tensometrii" pořádá časopis "La Revue pratique de controle industrial" ve dnech 24.-25.října 1984 ve Versailles pod záštitou Průmyslové administrativní komise pro měření u Ministerstva průmyslu a výzkumu. Z programu, který charakterizuje současný okruh zájmů i vývojové trendy, uvádím:

- Měření dynamických a statistických deformací odporovými tensometry - aplikace na lopatky větrných motorů;
- Tensometry na širokých nosičích;
- Problémy interpretace dlouhodobých tensometrických měření na porésních materiálech jako beton a skály;
- Analýza napětí infračervenou termografií;
- Bezkontaktní snímač deformací a posunutí užívající přímkovou mřížku pro přenos napětí;
- Problémy tensometrických měření velkých deformací;
- Studium povrchového stavu materiálů měřením rychlosti šíření ultrazvukových Rayleigho vln;
- Přivařované tensometry - charakteristiky a oblasti aplikace: měření ve vysokých teplotách, ionisující záření;
- Chování kompozitů s uhlíkovými vlákny;
- Aplikace tensometrů na zdvihacích strojích.

Vložné konference činí 1 900,- Ffrs.

Informace o 22. konferenci EAN Již tradiční každoroční setkání odborníků, pracujících v oblasti experimentální analýzy napětí, bylo v r.1984 uspořádáno jako 22. konference ve dnech 28.-31.5. v rekreačním a školícím středisku Výzkumného a zkušebního leteckého ústavu v Holanech. Konference byla organizována ČSSM - odbornou skupinou EAN, odbornou skupinou tenzometrie při pobočce ČSVTS GŘ AERO. Odborným garantem byl akademik J.Němec, který v úvodu pozdravil účastníky z televizního záznamu.
Odborné jednání probíhalo ve dvou plenárních zasedáních a paralelně ve dvou sekcích. Celkem bylo předneseno 40 referátů, jejichž výtahy byly uveřejněny ve sborníku. Účastníci byli též seznámeni s řadou odborných akcí, které jsou připravovány v nejbližší budoucnosti, měli k dispozici i prospektové materiály zahraničních firem. Temata referátů byla různorodá, což je dáno vlastní problematikou exp.analýzy napětí. Je nutné řešit otázky koncepční, týkající se vlastního přístupu k experimentální mechanice, otázky teoretické souvisící např. s identifikací pružného materiálu i otázky vlastní experimentální činnosti, tzn. otázky metodiky, měřících a zkušebních prostředků a otázky zpracování dat. Přínosem byla jistě i účast zástupců institutů a podniků, kteří se dosud činnosti odborné skupiny EAN nezúčastňovali a kteří mají k tomuto oboru blízký vztah. To se týká i některých výrobců zkušebních zařízení, jako např. Inova, Rukov, Transporta apod.
Účast 118 specialistů svědčí jistě o velkém zájmu nejen o vyslechnutí a diskuzi k předneseným referátům, ale i o přímou výměnu zkušeností mezi odborníky, o navázání nových kontaktů, umožňujících racionálnější plnění náročných úkolů technického rozvoje. K tomu měli účastníci během konference řadu příležitostí, např. při exkurzi do Novoborských skláren, během společenského večera, ale i ve volných chvílích v průběhu jednání v příjemných prostorách střediska i jeho okolí. Ke zdaru konference přispěla jistě i přátelská atmosféra, kterou se organizátorům podařilo vytvořit.

Ing. J. Lukas, CSc.

PŘIPRAVOVANÉ KONFERENCE V ZAHRANIČÍ

KOLOKVIA EUROMECH v roce 1985

Euromech 191
The physics of dispersions of small particles.
1.-4.duben 1985, Cambridge, U.K.
Informace: Dr.E.J. Hinch, Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics, University of Cambridge, Silver Street, Cambridge CB3 9EW,U.K.
a Dr.R. Blanc, Marseille.

Euromech 192
Transport of suspended solids in open channels.
11.-15.červen 1985, München-Neubiberg, Germany.
Informace: Prof.W. Bechteler, Hydromechanik und Hydrogeologie, Hochschule der Bundeswehr München, 8014 Neubiberg
a Prof.H.J. Vollmers, Neubiberg.

Euromech 193
Dynamics of ship structures.
18.-21.červen 1985, Jablonna, Poland.
Informace: Prof.J. Wieckowski, Ship Research Institute, Technical University Gdansk, Majakowskiego 11, Gdansk, Poland
a Prof.J.Kruszewski, Gdansk.

Euromech 194
Simultaneous heat and mass transfer in unsaturated porous media.
2.-5.červenec 1985, Nancy, France.
Informace: Prof.M.G. Martin, Institut National Polytechnique de Lorraine, Ecole National Superieure d'Electricite et de Mecanique, 2 rue de la Citadelle, 54011 Nancy Cedex, France.

Euromech 195
Rarefied flows and hypersonic flight.
2.-5.září 1985, Marseille, France.
Informace: Prof.R. Brun, Laboratoire de Dynamique et Thermophysique des Fluides, Université de Provence, Centre St. Jérome, 13397 Marseille Cedex 13, France.

Euromech 196 — Rock and soil rheology.
10.-13.září 1985, Bucharest, Romania.
Informace: Prof.N. Cristescu, University of Bucharest, Faculty of Mathematics, str. Academiei 14, Bucharest 70109, Romania
a Dr.H.I. Ene, Bucharest.

Euromech 197 — Finite rotations in non-linear structural mechanics.
17.-20.září 1985, Jablonna, Poland.
Informace: Dr.W. Pietraszkiewicz, Institute of Fluid-Flow Machinery, Polish Academy of Sciences ul. Fiszera 14, 80-952 Gdańsk, Poland.

Euromech 198 — Physical-numerical modelling in non-linear fracture mechanics.
11.-12.září 1985, Stuttgart, Germany.
Informace: Prof.J.H. Argyris, Institut f. Statik und Dynamik der Luft- u. Raumfahrkonstruktionen, Pfaffenwaldring 27, 7000 Stuttgart 80, Germany
a Dr. Sommer, Freiburg.

Euromech 199 — Direct and large eddy simulation of turbulent flows.
20.září-1.říjen 1985, Munich, Germany.
Informace: Prof.R. Friedrich am Lehrstuhl f. Strömungsmechanik, Technische Universität München, Arcisstr. 21, 8000 München 2, Germany
a Priv.-Doz. Dr.-Ing. U. Schumann, Wessling.

Euromech 200 — Post-Buckling behaviour of elastic structures.
5.-7.říjen 1985, Mátrafüred, Hungary.
Informace: Prof.J. Szabo, Technical University of Budapest, Dept. of Civil Engineering Mechanics Budapest, Müegyetem rkp.3, 1111 Hungary.

Euromech 201 — Applications of the mechanics of granular materials in geophysics.
13.-18.říjen 1985, Interlaken, Switzerland.
Informace: Dr.K. Hutter, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH-Zentrum
a Prof.S.B. Savage, Montreal.

Euromech 202 — Measurement techniques in low-speed turbulent flows.
7.-9.říjen 1985, Marknesse, The Netherlands.
Informace: Dr.B. van den Berg, National Aerospace Laboratory NLR, Voorsterweg 31, 8316 PR Marknesse, The Netherlands
a Dr.A. Bertelrud, Stockholm.

Euromech 203 — Combustion theory.
2.-4.prosinec 1985, Cranfield, U.K.
Informace: Prof.J.F. Clarke, Department of Aerodynamics, College of Aeronautics, Cranfield Institute of Technology, Cranfield Beds. MK43 OAL, U.K.

K ŠEDESÁTINÁM ČLENA KORESPONDENTA ČSAV PROF. RNDr MILOŠE ZLÁMALA, DrSc., LAUREÁTA STÁTNÍ CENY K. GOTTWALDA

V tomto roce se dožívá v plném zdraví a rozkvětu tvůrčích sil šedesáti let jeden z nejvýznamnějších současných československých matematiků, předseda vědeckého kolegia matematiky ČSAV a dlouholetý ředitel Oblastního výpočetního střediska Vysokého učení technického v Brně, člen korespondent ČSAV, Prof.RNDr. Miloš Zlámal,DrSc., laureát Státní ceny K. Gottwalda. Prof. Zlámal se narodil 30. prosince 1924 ve Zborovicích na Kroměřížsku. V roce 1944 maturoval na 3. reálném gymnasiu v Brně. V roce 1949 ukončil doktorátem přírodovědy studium matematiky a fyziky na přírodovědecké fakultě brněnské university. V roce 1955 mu byla udělena vědecká hodnost kandidáta fyzikálně matematických věd. V letech 1954-61 pracoval na přírodovědecké fakultě UJEP v Brně. Od roku 1961 až dosud působí na Vysokém učení technickém v Brně jako docent katedry matematiky a od r. 1963 jako ředitel Laboratoře počítacích strojů, nyní Oblastního výpočetního centra. V roce 1963 mu byla udělena vědecká hodnost doktora fyzikálně matematických věd a v roce 1965 byl jmenován profesorem. V roce 1981 byl Prof. Zlámal zvolen členem korespondentem ČSAV a od 1.1.1983 vykonává funkci předsedy vědeckého kolegia matematiky ČSAV. V roce 1969 mu byla udělena bronzová medaile VUT, v r. 1974 Státní cena K. Gottwalda, v r. 1975 cena J. Dimitrova a v r. 1980 stříbrná medaile B. Bolzana.

Prof. Zlámal stojí již více než dvacet let v čele výpočtového střediska. Pod jeho vedením se z původně malého výpočetního střediska stalo jedno z nejvýznamnějších pracovišť v oblasti školství v ČSSR, které sehrálo velmi významnou roli při zavádění moderních výpočtových metod a samotné výpočetní techniky do praxe mnohých průmyslových podniků a jiných organizací, a to jak výzkumného, tak i řídícího charakteru. Prof. Zlámal řídí výpočetní středisko s ohledem na co největší jeho sepětí s potřebami praxe a na vývojové trendy světově se prosazující v oblasti informatiky. Prof. Zlámal vychoval řadu vědeckých pracovníků a je stále školitelem aspirantů, kterým se věnuje velmi pečlivě a svědomitě. Řadu let přednáší v postgraduálním studiu pro inženýry a matematiky o nejnovějších metodách numerické matematiky.

Světový věhlas získal Prof. Zlámal svými výsledky v metodě konečných prvků. Zabývá se touto metodou od r. 1967 a doposud v této oblasti publikoval 42 články. Seznámil se s ní už jako zralý matematik - v té době měl za sebou 19 let úspěšné práce v teorii diferenciálních rovnic; nejprve obyčejných a potom parciálních, kde se též zabýval některými numerickými aspekty řešení. Do r. 1967 napsal 23 prací a k jeho nejvýznamnějším výsledkům z tohoto období patří teorie parabolických rovnic s malým parametrem, která se stala tématem jeho doktorské disertační práce.
Na tomto místě bychom se chtěli zmínit o jednom povahovém rysu Prof. Zlámala: je to ochota poradit každému, kdo ho o to požádá a živý zájem o problémy plynoucí z potřeby inženýrské praxe. Tato ochota a zájem byly vkladem do jeho práce, který se mu bohatě zúročil: téma jeho doktorské práce vzniklo po diskusích s doc. Ing. V. Hálkem, DrSc. a o metodě konečných prvků se dozvěděl při rozhovorech s Prof. Ing. J. Kratochvílem, DrSc., který v listopadu 1967 dokončoval v tehdejší Laboratoři počítacích strojů svůj první program z metody konečných prvků, snad první program z této metody odladěný na evropském kontinentě. Prof. Zlámal rozpoznal v inženýrském postupu souvislosti s pozapomenutým článkem Courantovým z r. 1943 a s variačními metodami vůbec. Zprvu chtěl napsat krátký článek o konvergenci Vaubeckova prvku, ale při práci přicházely další nápady a tak vznikl na začátku roku 1968 článek "On the finite element method"(Numer.Math.12(1968), 394-409) - dodnes asi nejcitovanější článek z metody konečných prvků.
Při prvních přednáškách o metodě konečných prvků v semináři Prof. Zlámala se zcela živelně vytváří kolem něj skupina pracovníků zcela zaujatých touto metodou; tak vznikla brněnská matematická škola metody konečných prvků. Když navíc praktické zkušenosti Prof. Kratochvíla byly zmnoženy Ing. Holušou, který zprogramoval Zlámalův algoritmus pro řešení ohybu tenkých desek pomocí C^1-elementu, byl vytvořen základ programového systému MKP, který byl dále v OVC řadu let rozvíjen a umožňoval okamžité praktické ověřování všech teoretických výsledků. Svým článkem "On the finite element method" zahájil Prof. Zlámal své "eliptické období" (1967 -1973), ve kterém napsal 18 článků. Články z tohoto období tvoří tu nejlepší matematickou učebnici metody konečných prvků.
Od r. 1973 (s výjimkou období 1977-79, kdy analyzoval superkonvergenci a redukovanou integraci v metodě konečných prvků) se Prof. Zlámal věnuje evolučním problémům. Zpočátku to byly lineární parabolické rovnice, kde věnoval velkou pozornost vícekrokovým metodám. Od r. 1976 se soustavně zabývá nelineárními problémy. V současné době se Prof. Zlámal věnuje teoretickým problémům souvisejících s numerickým řešením rovnic popisujících děje v polovodičích.
Ať se Prof. Zlámal zabýval jakoukoliv problematikou v metodě konečných prvků, vždy se snažil své získané teoretické výsledky ověřit numericky. Tak postupně vznikly programy pro řešení 1) tenkých desek, 2) rovinné pružnosti s různými druhy prvků navzájem propojených přechodovými prvky, 3) rovnice pro vedení tepla, 4) nelineárních evolučních problémů, 5) magnetických polí - nelineární i linearizované schéma.
I když toho Prof. Zlámal vykonal v matematice nemálo, klade si další a další cíle. Aby se mu je podařilo splnit a abychom se my, jeho spolupracovníci, z jeho přítomnosti co nejdéle těšili, k tomu mu přejeme do dalších let co nejpevnější zdraví.

Josef Nedoma, Alexander Ženíšek