BULLETIN

ČESKÁ SPOLEČNOST PRO MECHANIKU

2·2008

B U L L E T I N **2/08**

Česká společnost pro mechaniku

Odpovědný pracovník
a redakce časopisu: Ing. Jiří Dobiáš, CSc.
Ústav termomechaniky AV ČR, v.v.i.
Dolejškova 5, 182 00 Praha 8
tel. 266 053 973, 266 053 214
fax 286 584 695
e-mail : jdobias@it.cas.cz

Jazyková korektura: RNDr. Eva Hrubantová

Tajemnice sekretariátu: Ing. Jitka Havlínová
Adresa sekretariátu: Dolejškova 5, 182 00 Praha 8
tel. 266 053 045, tel./fax 286 587 784
e-mail : csm@it.cas.cz
Domovská stránka www: http://www.csm.cz

Určeno členům České společnosti pro mechaniku

Vydává Česká společnost pro mechaniku, Dolejškova 5, 182 00 Praha 8
Vychází 3x ročně
Místo vydávání: Praha
Den vydání: 15. září 2008
IČO 444766
Tiskne: MERKANTA, s.r.o., Praha 8

ISSN 1211-2046
Evid. č. UVTEI 79 038
MK ČR E 13959

BULLETIN
2'08
ČESKÁ SPOLEČNOST PRO MECHANIKU

OBSAH

CONTENTS

Nová webová stránka České společnosti pro mechaniku

New Website of the Czech Society for Mechanics

Jiří Dobiáš, vědecký tajemník ČSM

Radek Růžička, Nux s.r.o.

Jistě mnozí z vás zaregistrovali, že delší dobu nefungovala webová stránka naší společnosti. Bylo to způsobeno závažnou poruchou serveru, na kterém byly stránky umístěny. Poruchu se bohužel dlouho nedařilo odstranit. Hlavní důvod byl ten, že počítač nepatřil již k nejnovějším a náhradní komponenty se sháněly velmi obtížně. Když tento stav trval neúměrně dlouho a uspokojivé řešení bylo stále v nedohlednu, rozhodli jsme se k radikálnímu kroku. Ten spočíval v tom, že necháme vytvořit nové webové stránky a umístíme je na jiný počítač.

Při tvorbě nových stránek jsme využili velmi výhodné nabídky společnosti Nux s.r.o. (www.nux.cz), která se zabývá dodávkou komplexních řešení v oblasti internetu včetně realizace webových prezentací. Nové webové stránky z jejich dílny jsou, v době kdy píšeme tyto řádky, ve stádiu zrodu, ale v čase distribuce tohoto čísla Bulletinu by měly být již plně funkční. Při jejich vývoji se vycházelo z jednotného grafického konceptu, přičemž byl kladen důraz na typografii a přehlednost.

Rozvržení prvků stránek i struktury webu je přizpůsobeno současným nárokům. Cílem bylo vytvořit takovou grafiku, která uživatele nejen snadno dovede k hledaným informacím, ale také zaujme a bude zapamatovatelná, a to s důrazem na intuitivní orientaci uživatele.

Moderní webové stránky musí mít kromě přitažlivého obsahu a zajímavého grafického designu také kvalitní technické zpracování. Kód musí být správně sémanticky strukturovaný s obsahem odděleným od formátování. Díky správně napsanému kódu je prezentace úspěšná ve vyhledávačích a kompatibilní se všemi prohlížeči.

Při návrhu a realizaci webové stránky bylo dbáno o maximální přístupnost obsahu i funkčnost. Výsledné stránky splňují v maximální možné míře zásady metodického pokynu *MIČR*[1] *Best practice - pravidla pro tvorbu přístupného webu*, normy WCAG[2] 1.0 s důrazem na pravidla s prioritou 1 a metodické pokyny projektu *Blind Friendly Web* Sjednocené organizace nevidomých a slabozrakých ČR (SONS). To znamená, že nabízejí maximální množství informací uživatelům na všech zařízeních – např. textových prohlížečích, mobilních telefonech, hlasových čtečkách nebo braillovských řádcích.

***

[1] Ministerstvo informatiky České republiky, nyní Ministerstvo vnitra.
[2] Web Content Accessibility Guidelines.

Od jednotek antropometrických přes globální k univerzálním

From Anthropometric (via Global) to Universal Units

M. Okrouhlík

Summary *Author ponders about evolution of basic units for length, mass and time and reminds of their historical origins based on anthropometric principles. He compares the original definitions with modern ones derived from constants universally valid in the Universe. Author also muses about the struggle of non-mechanical community with notions of weight and mass.*

Mezinárodní soustava jednotek SI (Le Système international d'unités) definuje sedm základních veličin. Ty se měří jednotkami, pro něž se používají jednoznačně stanovené značky.

Veličina	Jednotka	Značka
délka	metr	m
hmotnost	kilogram	kg
čas	sekunda	s
elektrický proud	ampér	A
termodynamická teplota	kelvin	K
látkové množství	mol	mol
svítivost	kandela	cd

Sledujme podrobněji, jak se historicky vyvíjely jednotky pro měření délek, hmotnosti a času.

Základní délkové jednotky, jimiž se poměřovaly rozměry předmětů v běžném a v obchodním styku, byly původně antropometrické – odvozené od rozměrů lidského těla. *Palec*, *stopa*, *loket* či *sáh* jsou vhodnými příklady. A protože lidi jsou různé (jak říkával Jan Werich) a bylo zapotřebí nějak vhodný etalon stanovit, vycházelo se často z rozměrů příslušníků královských rodů – ty byly však v každé zemi a v každé době jiné.

O „zákonném“ užívání délkové jednotky *yard* se zmiňuje *Magna Carta Libertatum (Great Charter* v angličtině*)* v článku 26. Pečetí ji opatřil král John of England (Jan Bezzemek v češtině) v roce 1215, nedohlédl však na to, aby obsahovala definici *yard*u. Postupným dělením dvěma se *yard* dělil na části zvané *half-yard*, *span*, *finger*, and *nail*. Dnešní hodnota jednotky *yard* je 0,9144 m.

Za Přemysla Otakara II byl v Čechách v roce 1268, ustanoven tzv. *pražský loket*, jehož délka, vyjádřená dnešními jednotkami, je 594,1 mm. Tento „etalon“ je dodnes na průčelí východního křídla pražské Novoměstské radnice.

Délková jednotka sáh (kam až dosáhneš) byla ve většině případů definována jako vzdálenost mezi špičkami prstů doširoka rozepjatých paží a přibližně odpovídala výšce vzrostlého muže. *Vídeňský sáh* (die Wiener Klafter) byl 1,8965 m. *Francouzský sáh* (*toise*), později použitý při měření zemského kvadrantu, byl 1,9490 m, *český sáh* odpovídal 1,7781 m. Zajímavou informaci o českých historických jednotkách najde čtenář na adrese **www.ilcik.cz**. Sáh byl zpravidla rozdělen na 6 stop. S výjimkou *sáhu ruského* (*сажень*), který měl stop sedm a rovnal se 2,13356 m. Velké národy mají, zřejmě již od nepaměti, potřebu velkých sáhů. Anglickým ekvivalentem sáhu je *fathom* (od staroanglického *fæþm* – to spread; v přeneseném významu „length spanned by outstretched arms“), dodnes používaný pro měření hloubky. Dnešní *fathom* má 6 stop a odpovídá 1,8288 m. Vzpomeňme, že londýnský bobby neměl měřit méně než šest stop.

Snahy o sjednocení jednotek pro měření délek, času a vah se datují již od třináctého století. Byly neúspěšné a nepřesáhly ani hranice technických oborů, natož jednotlivých států. Ledy se hnuly až za francouzské revoluce (1789) – iniciativa vzešla od členů Francouzské akademie. Současně se snahou o definici jednotek, nezávislou na antropometrickém principu, probíhala tzv. dekadizace jednotek – vytvoření podílových a násobných jednotek tak, aby byly násobkem celočíselných mocnin deseti. Dříve používané násobky 12 či 16 byly oblíbené proto, že měly hodně celočíselných dělitelů.

Jednotka délky

Revoluční doby přejí reformám, a tak s návrhem zákona na sjednocení měr – především délkových a hmotnostních – přišel v roce 1790 politik, francouzský ministr zahraničí Charles-Maurice de Talleyerand a předložil jej tehdejšímu ústavodárnému shromáždění. Novou jednotkou délky měla být délka tzv. sekundového kyvadla, tj. kyvadla, jehož doba kyvu (nikoliv kmitu) je rovna 1s. Takovou jednotku délky navrhoval i Christiaan Huygens.[1] Tomuto návrhu se principiálně vytýkalo, že jednotka délky je definitoricky vázána s jednotkou času sekundou – definovanou jako zlomek astronomického roku. Další námitkou bylo, že doba kmitu kyvadla je závislá na lokální hodnotě tíhového zrychlení, která je (mimo jiné) funkcí zeměpisné šířky.

Podívejme se s jakou přesností by byla „kyvadlová jednotka délky" definována. Tzv. standardní gravitační zrychlení má smluvní hodnotu 9,80665 ms^{-2}. Lokální gravitační zrychlení je mimo jiné ovlivněno rotací země a nadmořskou výškou. Jeho závislost na zeměpisné šířce ϕ, nadmořské výšce h a na zploštění země na pólech je dána empirickým vztahem

$$g(\phi,h)=9{,}780327\left(1+0{,}0053024\sin^2(\phi)-0{,}0000058\sin^2(\phi)\right)-3{,}086\times10^{-6}\,h\,.$$

Je to tzv. Helmertův či Clairaultův vzorec (1967), převzatý z Geodetic Reference System. Podrobnosti jsou na adrese

http://geophysics.ou.edu /solid_earth/notes/potential/igf.htm.

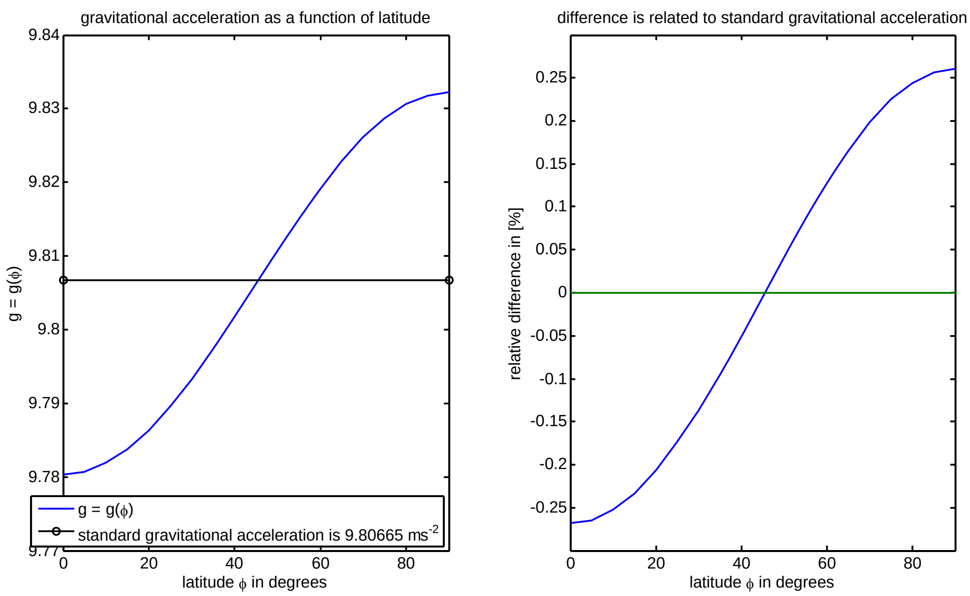
Viz též Nachtikal, Praktická fysika, Státní nakladatelství učebnic, Praha, 1951, kde jsou uvedeny nepatrně jiné hodnoty násobných konstant.

Výše uvedený vztah pro nulovou nadmořskou výšku, tj. $h=0$, je znázorněn na obr. 1, a to zároveň s relativní odchylkou od zrychlení standardního. Je vidět, že

[1] Zajímavě o Huygensových aktivitách v tomto směru píše M. Hajn ve své knize Základy jemné mechaniky a hodinářství, Práce, Vydavatelstvo ROH, Praha, 1953.

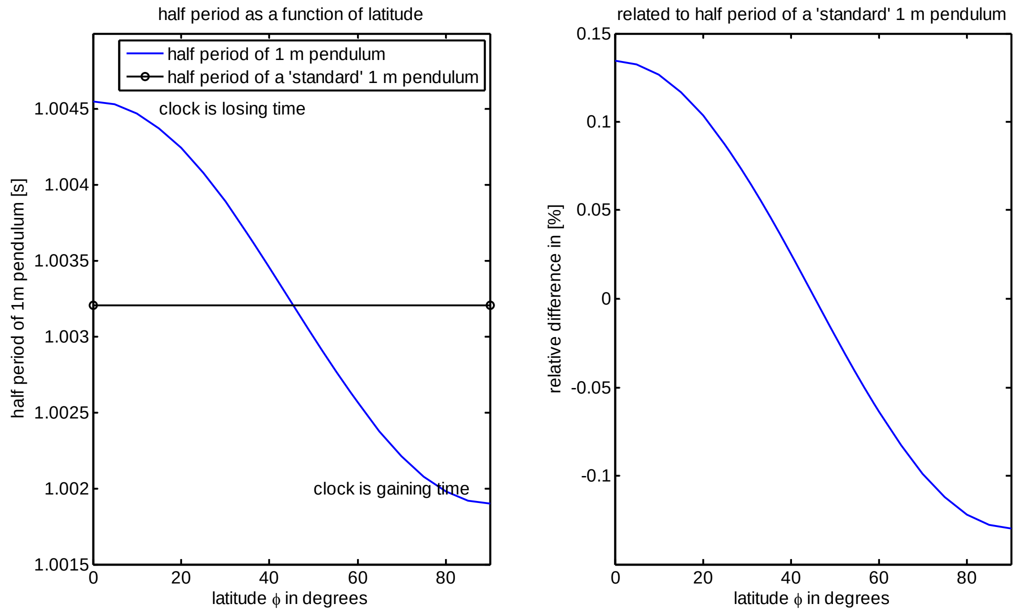
gravitační zrychlení, stejně jako síla tíže, se v závislosti na zeměpisné šířce mění přibližně o půl procenta. [2]

Dosazením předpokládaného periodického řešení do pohybové rovnice matematického kyvadla dostaneme (pro malé výchylky) dobu kyvu (polovina doby kmitu) v závislosti na délce kyvadla l a na zeměpisné šířce ϕ ve vztahu $\tau(\phi) = \pi \sqrt{l / g(\phi)}$. Pro kyvadlo s délkou $l = 1$ m je znázorněn na obr. 2 i s příslušnou relativní odchylkou. Kyvadlové hodiny se tedy na rovníku předcházejí a na pólu zpožďují, srovnáme-li je s hodinami jdoucími v místě, kde je standardní gravitační zrychlení.



Obr. 1. Gravitační zrychlení jako funkce zeměpisné šířky.
Relativní odchylka vztažená ke standardnímu zrychlení.

[2] Domácí úkol: Odvoďte tuto závislost přímo z gravitačního zákona, a to za předpokladu kulového tvaru země, rotující konstantní úhlovou rychlostí. Střední poloměr země i gravitační konstantu najdete v tabulkách. Tvar bude podobný, závislost bude mít „amplitudu“ o něco menší.



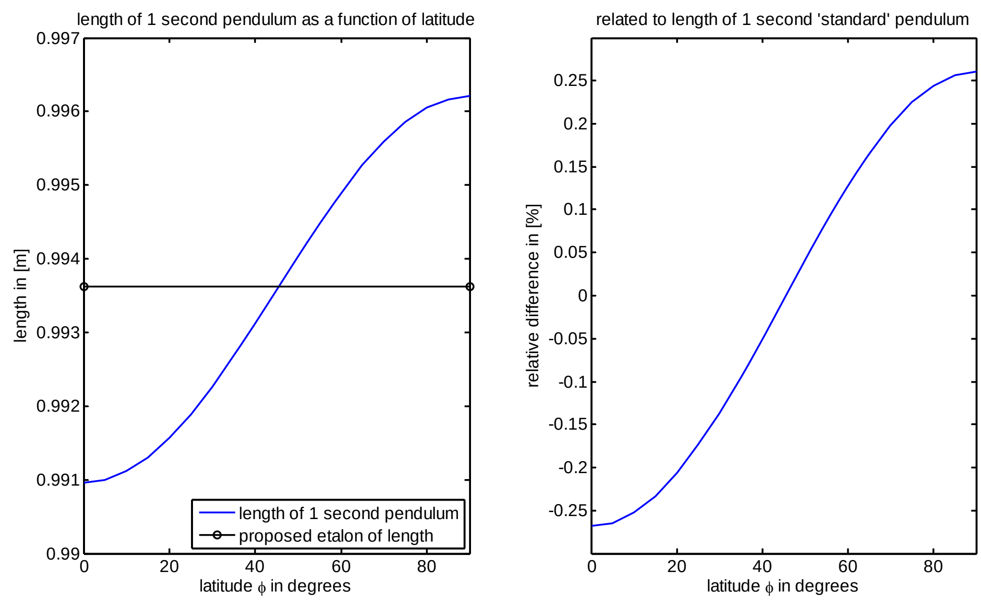
Obr. 2. Doba kyvu jednometrového kyvadla v závislosti na zeměpisné šířce.

Uvážíme-li kyvadlo mající dobu kyvu $\tau = 1\,\mathrm{s}$, dostaneme pro stanovení rozměru navrhovaného etalonu délky, ve starší literatuře uváděný s přívlastkem elegantní, vztah $l = g/\pi^2$. Na kráse mu však ubírá rozměrová nekonzistentnost, chybí tam ta $1\,\mathrm{s}^2$, takže se musí uvádět, že g je v $\mathrm{m/s^2}$.

Jak se délka tohoto „etalonu“ $l(\phi)$ mění v závislosti na gravitačním zrychlení, je znázorněno na obr. 3 i s příslušnou relativní odchylkou vyjádřenou v procentech. Ukazuje se, že délkový etalon založený na jednosekundovém kyvadle by vhodný nebyl – od rovníku k pólu by se jeho délka měnila o 2,5 mm. Dal by se však smluvně vztáhnout ke standardnímu gravitačnímu zrychlení a nelišil by se příliš od dnešního metru. To konstatovala rozborová zpráva komise pro navržení nových měr, jmenovaná Akademií již roce 1791.

Komise poté doporučila odvození jednotky délky z kvadrantu zemského poledníku. Při měření délky poledníku, které se provádělo měřením délky odpovídající části oblouku poledníku, se přišlo na to, že země je na pólech zploštělá. Nakonec bylo třeba zvolit smluvní kvadrant, jehož desetimiliontou částí byl definován metr. Prototyp takto definovaného metru byl 22. června 1799 uložen v Archivu francouzské republiky (Archive de la République). Šlo o prismatickou tyč z platiny (tzv. mètre des archives), vyrobenou s přesností 1×10^{-5} m. Ta byla pak zákonem prohlášena za prototyp (etalon) délkové míry.

Ukázalo se, že jednotka metru, definovaná jako zlomek zemského kvadrantu, také není vhodným etalonem. V závislosti na dalším zpřesňování měření rozměru země by jej totiž bylo třeba měnit. V roce 1889 byl proto další etalon metru smluvně definován jako vzdálenost mezi dvěma ryskami na nově vyrobeném prototypu z platiny a iridia.



Obr. 3. Délka sekundového kyvadla v závislosti na zeměpisné šířce.
Relativní odchylka od sekundového „standardního“ kyvadla.

V roce 1960 byla přijata nová definice metru jako násobek vlnové délky záření kryptonu 86. Definice zněla: Metr je délka rovnající se 1 650 763,73 násobku vlnové délky záření šířícího se ve vakuu, která přísluší přechodu mezi energetickými hladinami $2p_{10}$ a $5d_5$ atomu kryptonu 86.

Ta byla pak v roce 1983 nahrazena definicí vztaženou k rychlosti světla ve vakuu, která je 299 792 458 ms^{-1}. Dnešní definice zní:

Metr je délka dráhy uražená světlem ve vakuu za časový interval rovný 1/299 792 458 sekundy.

Takto definovaný metr je závislý na jednotce času a platí tedy jedna z principiálních námitek našich předchůdců, pro níž byl odmítnut délkový etalon odvozený od sekundového kyvadla. Navíc závisí na smluvně definované rychlosti světla, uváděné s přesností na 9 platných cifer. Změří-li někdo rychlost světla přesněji, nebo bude-li smluvně definována jinak, bude třeba změnit výše uvedenou definici a metr bude jinak dlouhý.

Jednotka hmotnosti

Prototyp jednotky hmotnosti – kilogram – byl uložen do Archivu v téže době jako prototyp metru. Původně byl definován jako hmotnost jednoho kubického decimetru destilované vody při teplotě odpovídající její největší hustotě za tlaku 760 mm Hg. Prototyp kilogramu, mající stejnou hmotnost jako zmíněný objem vody, byl vyroben z platiny. Technologický pokrok umožňoval vyrobit stále „čistější" vodu a to by vyžadovalo jednotku hmotnosti stále zpřesňovat – předefinovávat. Stejně jako u prototypu metru byl v roce 1889 prototyp kilogramu nakonec definován smluvně. Byl vyroben ze směsi platiny a iridia. Definice je neměnná již od 3. Generální konference měr a vah (3rd CGPM – Conférence Génerale des Poids at Mesures), konané v roce 1901, a to:

Kilogram je jednotka hmotnosti; je roven hmotnosti mezinárodního prototypu kilogramu.

V newtonovské mechanice je hmotnost mírou množství látky v tělese. Obecně to neplatí, neboť z teorie relativity plyne, že při rychlostech srovnatelných s rychlostí světla hmotnost tělesa významně roste, ačkoliv množství látky (hmota) v něm zůstává stejné. V angličtině se termínu *mass* často používá jak pro hmotnost (tedy množství), tak i pro hmotu (tedy materii, ve smyslu objektivní skutečnosti). Hmota se též dá přeložit jako *matter*.

Jednotka času

Po staletí byla jednotka času definována jako $1/(24 \times 60 \times 60) = 1/86\,400$ středního slunečního dne. Trvání středního slunečního dne bylo stanoveno astronomickými pozorováními. Zjištěné nepravidelnosti rotace země vedly k zpřesněné definici (1952), kdy sekunda byla stanovena jako zlomek tropického roku. Opět se ukázalo, že přesnější definice se dá stanovit v relaci s jevy atomové fyziky.

Dnešní definice, platná od roku 1968, zní:

Sekunda je doba odpovídající 9 192 631 770 **periodám záření, které odpovídá přechodu mezi dvěma hladinami velmi jemné struktury základního stavu cesia** 133**.**

Technická a fyzikální soustava – pro pamětníky

Carl Friedrich Gauss pracoval s jednotkami milimetr, gram, sekunda pro délku, hmotnost a čas. Předchůdcem dnešní SI soustavy byla tzv. absolutní soustava CGS (centimetr-gram-sekunda), následovala MKS (metr-kilogram-sekunda) a poté MKSA soustava (metr-kilogram-sekunda-ampér). Poslední jmenovaná přidala do repertoáru veličinu pro měření elektrického proudu ampér [A], který se do té doby považoval za jednotku odvozenou ze základních jednotek, a to o rozměru $[\mathrm{m}^{\frac{3}{2}}\,\mathrm{kg}^{\frac{1}{2}}\,\mathrm{s}^{-2}]$. Soustava s označením SI pochází z roku 1960, současného stavu se sedmi základními jednotkami dosáhla v roce 1989.

Dlouho vedle sebe existovaly, a dodnes v myslích technické veřejnosti přežívají, tzv. soustava technická (MKpS) a fyzikální (MKS). Technická soustava brala za základní veličiny délku, sílu a čas a měřila je v jednotkách metr [m], kilopond [kp] někdy též zmatečně označovaný [kg^*], a sekunda [s]. V současné době silové jednotky technické soustavy, a jednotky z nich odvozené (např. $[\mathrm{kp/cm}^2]$), patří mezi tzv.

jednotky nepřípustné (unacceptable SI units). Dřívější pokojné soužití obou soustav umožňovalo pracovat se snadno zapamatovatelným (i když přibližným) pravidlem, že těleso o hmotnosti 1 kg váží 1 kp, a že v hloubce 10 m pod hladinou rybníka je tlak 1 kp cm^{-2}, a že sací výška čerpadla nemůže být větší než 10 m, protože na povrchu země je atmosférický tlak přibližně rovný 1 atmosféře, která je definována …

Konzervativní část technické inteligence se jednotkám SI dlouho bránila. Pro napětí se např. navrhovala jednotka $\mathrm{dN/cm^2}$, tedy dekaNewton na centimetr čtvrteční. Meteorologové vydrželi vzdorovat dodnes, používají hektopascaly, tedy $1\,\mathrm{hPa} = 100\mathrm{Pa} = 10\mathrm{N/m^2}$.

Soustava fyzikální považovala za základní veličiny délku, hmotnost a čas s jednotkami metr [m], kilogram [kg] a sekunda [s]. Vzhledem k tomu, že síla tíže (jinými slovy tíha, váha) tělesa o hmotnosti jednoho kilogramu je silou udělenou tomuto tělesu lokálním gravitačním polem, dostaneme z Newtonova zákona vztah mezi silou tíže vyjádřenou v obou soustavách. Váha je tedy veličina závisející na hodnotě lokálního gravitačního zrychlení. Pro standardní gravitační zrychlení dostáváme smluvní vztah $1\,\mathrm{kp} = 9{,}80665\,\mathrm{N}$.

Jednotka hmotnosti v technické soustavě, tj. $[1\,\mathrm{kp\,s^2/m}]$, vypadala poněkud kostrbatě. Ta se však, co se kostrbatosti týče, příliš neliší od vzhledu jednotky síly v soustavě fyzikální, tj. $1\,\mathrm{N} = \mathrm{kg\,m\,s^{-2}}$.

Dříve, než byla zavedena pro sílu jednotka kilopond, se užívalo pojmu kilogram podle potřeby buď pro hmotnost, nebo pro sílu. Ostatně v běžném životě se tak činí dodnes. Teysslerův-Kotyškův Technický slovník naučný z roku 1930 používá pro tuto sílu termínu *váha hmoty* 1 *kg*.

Podobně tomu bylo, a vlastně dodnes je, v anglosaských zemích, kde se používají imperiální jednotky. Libra (pound) bez přívlastku se podle potřeby stává jednotkou pro sílu [lb_force] někdy též [poundal], nebo jednotkou hmotnosti. Libru jako jednotku měny zde přes její finanční přitažlivost pomineme. Hmotová libra [lb_mass] se též nazývá $[\mathrm{slug} = 1\,\mathrm{lb\_force}\,\mathrm{s}^2/\mathrm{ft}]$. Pokud vím, tak český ekvivalent pojmu slug (v mechanickém slova smyslu) neexistuje.

Irský vědec G. J. Stoney, zmíněný v textu později, zavádí na konci devatenáctého století silovou jednotku *the metric forcine, or the unit of force, which is hyperdecigramme – this being the force which if it acted in a fixed direction of a mass of one gramme for a second would in that time change its velocity by one metre per second*.

Na historickém vývoji definice délkové a časové jednotky vidíme postupný přechod od jednotek souměřitelných s lidskými rozměry (*palec*, *loket*, …) přes jednotky vztažené k rozměrům globálním (zemský kvadrant, rotace země) až k jednotkám univerzálně definovaných pomocí rychlosti světla a vlastností atomární struktury hmoty.

Hmotnostní jednotka byla původně stanovena prostřednictvím objemu (třetí mocniny jednotky délkové) a vody – nejběžněji se vyskytující kapaliny na zemi.

Podobně sekunda, původně vztažená ke zdánlivě pravidelným intervalům, s nimiž se střídaly dny a roky, je dnes definována prostřednictvím atomárních dějů.

Etalony jednotek pro měření délek a hmotnosti byly dříve běžně po ruce (loket vytesaný do zdi radnice, cejchované závaží). Později se sice už nedaly realizovat svépomocí u místního kováře či v kabinetu učitele silozpytu, ale byly mentálně uchopitelné (jedna desetimiliontá část zemského kvadrantu, kilokalorie jako množství tepla nutné k ohřátí 1 litru vody o jeden stupeň Celsia).

Dnes je většina jednotek definována pomocí dějů, které jsou v našem pozorovatelném vesmíru neměnné. Jsou univerzální, ale vzdálené každodenním potřebám. Mají však neoddiskutovatelnou výhodu – umožňují, abychom údaj o naší tělesné výšce či o našem stáří sdělili i mimozemským inteligentním bytostem. Bude-li jejich civilizace dostatečně pokročilá, jistě budou znát rychlost světla či vlnovou délku atomu záření vydávané za jistých okolností atomem cesia.

„Ostudou“ v tomto ohledu zůstává jednotka hmotnosti, která je definována jako hmotnost kusu platino-iridiové slitiny uložené za jistých, přesně definovaných podmínek v Mezinárodním úřadu měr a vah. Kdybychom chtěli mimozemšťanům sdělit údaj o naší tělesné hmotnosti v kilogramech, museli bychom je napřed přimět udělat si kopii prototypu v onom úřadu. A sdělit jim, že z centra Paříže do Sèvres jede metro č. 9.

Abychom však Úřadu nekřivdili. Jedenadvacáté zasedání Generálního kongresu vah a měr v roce 2000 (21st CGPM, 2000) vydává Resolution 7, v níž

… **recommends that national laboratories continue their efforts to refine experiments that link the unit of mass to fundamental atomic constants with a view to a future redefinition of the kilogram**. (Si_brochure_8, 2006, p. 165.)

Až k tomu dojde, nebude obtížné vyjádřit naši tělesnou hmotnost třeba v násobcích hmotnosti protonu či elektronu.

Snahy vytvořit jednotky nezávislé na antropometrickém či globálním základu, a učinit je univerzálními, je možno vysledovat již od začátku devatenáctého století. J. D. Barrow, v knize citované v dalším textu, uvádí, že prvním, kdo přišel s myšlenkou definovat jednotku délky jako násobek vlnové délky záření vydávaného atomem, byl francouzský vědec J. Babinet v roce 1827. Později o tom uvažovali i Lord Rayleigh a James Clerk Maxwell.

Otázkou univerzálních jednotek se též zabýval irský vědec George Johnstone Stoney (1826 – 1911). Navrhl definovat jednotky délky, hmotnosti a času pomocí následujících fyzikálních konstant – gravitační konstanty G, rychlosti světla c a elementárního náboje elektronu e.

Své motivy vysvětluje Stoney v Scientific Proceedings of the Royal Dublin Society, 3, 53, 1883 takto:

Nature presents us with three such units and that if we take these as our fundamental units, instead of choosing them arbitrarily, we shall bring our quantitative expressions into a more convenient, and doubtless into a more intimate, relation with Nature as it actually exists.

Stoney pracoval s hodnotami $G = 6{,}7 \times 10^{-8}\ \mathrm{cm^3\, g^{-1}\, s^{-2}}$, $c = 3 \times 10^{10}\ \mathrm{cm\, s^{-1}}$ a $e = 1 \times 10^{-11}\ \mathrm{cm^{\frac{3}{2}}\, g^{\frac{1}{2}}\, s^{-1}}$ – jsou zde vyjádřeny v tzv. absolutní soustavě CGS. Zmíněná jednotka náboje $[\mathrm{cm}^{\frac{3}{2}}\,\mathrm{g}^{\frac{1}{2}}\,\mathrm{s}^{-1}]$ se později nazývala *statcoulomb*. Teyssler-Kotyška v roce 1930 uvádí pro tyto konstanty hodnoty $G = 6{,}68\times 10^{-8}\ \mathrm{cm}^3\,\mathrm{g}^{-1}\,\mathrm{s}^{-2}$, $c = 2{,}999\times 10^{10}\ \mathrm{cm\,s}^{-1}$ a $e = 4{,}774\times 10^{-10}\ \mathrm{cm}^{\frac{3}{2}}\,\mathrm{g}^{\frac{1}{2}}\,\mathrm{s}^{-1}$.

Současné hodnoty pro Newtonovu gravitační konstantu a pro elementární náboj, řádně vyjádřené v SI jednotkách, jsou

$G = 6{,}674\,28\ \times 10^{-11}\ \mathrm{m}^3\,\mathrm{kg}^{-1}\,\mathrm{s}^{-2}$ a

$e = 1{,}602\,176\,487\times 10^{-19}\ \mathrm{C} = 4{,}803\,204\,273\times 10^{-10}\ \mathrm{cm}^{\frac{3}{2}}\,\mathrm{g}^{\frac{1}{2}}\,\mathrm{s}^{-1}$.

Jednotka náboje *coulomb* je součinem proudu a času, tedy $\mathrm{C} = \mathrm{A\,s}$. Pro srovnání s předchozími údaji je uvedena i hodnota v CGS jednotkách.

Vztah Stoneyho jednotek hmotnosti, délky a času k jednotkám našim pak přibližně vychází

$$M_{\mathrm{Stoney}} = \left(e^2/G\right)^{\frac{1}{2}} \cong 4\times 10^{-8}\ \mathrm{g},$$

$$L_{\mathrm{Stoney}} = \left(Ge^2/c^4\right)^{\frac{1}{2}} \cong 3\times 10^{-36}\ \mathrm{cm},$$

$$T_{\mathrm{Stoney}} = \left(Ge^2/c^6\right)^{\frac{1}{2}} \cong 1\times 10^{-46}\ \mathrm{s}\ .$$

Stoneyho univerzální přístup je pro měření v praktickém životě málo použitelný – jím navržené jednotky délky a času nejsou realizovatelné ani dnešními technickými prostředky. Stoneyho jednotky času a délky jsou však důležité z jiného hlediska. Všimněte si, že jednotkou rychlosti v této soustavě je rychlost světla. Jsou to jednotky pro „rychlý“ svět, kde stojí zato poměřovat rychlosti hodnotami od nuly do jedničky, a pro svět „malý“, který je o mnoho řádů menší než jsou atomární rozměry. Připomeňme, že „průměr atomu“ uhlíku je řádu $2\times 10^{-8}\ \mathrm{cm}$. Stoneyho jednotky navíc ohraničují oblast platnosti fyziky tak, jak je dnes chápána. Pro délky a časové intervaly kratší než L_{Stoney} a T_{Stoney} ztrácí kvantová teorie schopnost predikce. Podobně popis posloupnosti dějů po velkém třesku je znám až pro délky a časové intervaly delší než L_{Stoney} a T_{Stoney}. Viz též The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe

(Steven Weinberg). Definicemi univerzálních jednotek se později zabývali též Max Planck, Albert Einstein a jiní. Na základě univerzálně platných konstant jsou definovany též tzv. Planckovy jednotky – známé pod názvem *natural units*. Více o tom v knize The Constants of Nature, by John D. Barrow, Vintage, London, 2002.

Váha, hmota a prostý lid

Mluvíme-li o obtížné mentální uchopitelnosti univerzálně definovaných základních jednotek, nemůžeme se nezmínit o potížích, které přinášejí běžné populaci každodenně se vyskytující pojmy, jako je např. hmota, hmotnost, váha, tíže apod.

Slovník spisovné češtiny (Academia, Praha, 1994) zaslouží v tomto ohledu absolutorium.

Heslo *váha* je definováno takto – *vlastnost tělesa způsobená zemskou přitažlivostí; míra této vlastnosti zjišťovaná srovnáním s urč. měrnou jednotkou*; neodb. *hmotnost*.

Heslo *hmotnost* zní – *míra vlastnosti těles projevující se ve vztahu k jiným tělesům setrvačností a gravitací*.

Ne tak už citáty vybrané z internetu i z běžného tisku.

…*hmotnost* matky prý ovlivňuje *váhu* novorozence … používat *hmotnost* namísto *váha*, což se ve škole dětem dokonce nařizuje … *hmotnost* místo staletí existujícího českého slova *váha* … *hmotnost* namísto toho, čemu se v češtině odjakživa říkalo *váha* … dodáváme digitální *váhy* na přesné měření *hmotnosti* … *hmotnost* zkušebního pilota na testovací odstředivce vzroste až osmkrát … Jiným druhem vah jsou *pružinové váhy*. Obsahují pružinu, na kterou se zavěsí vážený předmět. Pružina se natahuje a *hmotnost* se zobrazí na stupnici. Na stejném principu funguje také siloměr. Liší se pouze v měřené veličině …

Vybrané příklady ukazují, že pojmy *hmotnost* a *váha* jsou buď považovány za synonyma, nebo jsou ostře napadány jako zbytečné jazykové novotvary, v neposlední řadě pak ukazují na nepochopení.

A to všechno více než 100 let poté, co v závěrech z 3. Generální konference vah a měr konané v roce 1901 (3rd CGPM, 1901 – Conférence Géneral des Poids et Mesures) se uvádí

Considering the necessity to put an end to the ambiguity which in current practice still exists on the meaning of the word *weight*, used sometimes for *mass*, sometimes for *mechanical force*:

The Conference declares

1. **The kilogram is unit of mass; it is equal to the mass of the international prototype of the kilogram.**
2. **The word "weight" denotes a quantity of the same nature as a "force": the weight of a body is the product of its mass and the acceleration due to gravity; in particular the standard weight of a body is the product of its mass and the standard acceleration due to gravity.**
3. **The value adopted in the International Service of Weights and Measures for the standard acceleration due to gravity is** $980{,}665\,\mathrm{cms}^{-2}$**, value already stated in the laws of some countries.**

Zde uvedený text je autorizovaným anglickým překladem závěrů publikovaných v Comptes Rendu des Séances de la Conférence Génerale des Poids at Mesures, CR 70, 1901 a je převzat z příručky The International System of Units, 7th Edition, vydané úřadem Bureau International des Poids at Mesures v roce 1998. Viz **http:// www.bipm.fr /utils/ common /pdf /si_brochure_8.pdf**.

Systematická snaha o přesnost definic jednotek a neuvěřitelný pokrok vědy a technologie umožňují pozorovat svět s rozlišením vysoce přesahujícím běžné denní potřeby. Ty jdou kolem „obyčejného“ člověka bez povšimnutí. Přesto však výsledky technologií s vysokým rozlišením bere společnost za samozřejmost, běžně je používá (počítače, GPS), aniž by většinu populace zajímala podstata moderních technologií, natož definice jednotek. Zmíněné zmatky při používání odborných termínů v běžném životě jsou toho následkem.

A tak na závěr se s trochou nadsázky zamysleme nad tím, za jakých okolností můžeme přijmout běžně užívané tvrzení, totiž, že hmotnost tělesa zjišťujeme vážením. Uvažujme o možnostech, které ovlivňují měření.

Mentální pokus 1 – vážení na pružinových vahách

Vážíme-li těleso (neměnné hmotnosti) na pružinové váze na různých místech poledníku od rovníku k pólu, naměříme podle obr. 1 gravitační zrychlení, a tedy i tíhové hodnoty, různé. Oproti místu, kterému je možno přiřadit standardní zrychlení, se budou hodnoty lišit až o $\pm 0{,}25\,\%$. V tomto případě měříme na hladině moře – zanedbáváme úbytek gravitačního zrychlení, a tedy i tíhy s nadmořskou výškou. Určitě by stálo zato, nakupovat sníh na rovníku a prodávat ho na pólu – bude tam dozajista těžší.

Kdybychom měřili hmotnost při pohybu po poledníku konstantní rychlostí, museli bychom vzít v úvahu Coriolisovo zrychlení $\vec{a}_{\mathrm{C}} = 2\vec{\omega} \times \vec{v}$. Vektor úhlové rychlosti rotace země i vektor rychlosti naší měřící platformy leží v poledníkové rovině (prochází středem země), vektor Coriolisova zrychlení je na tuto rovinu kolmý, leží v „rovnoběžkové“ rovině a jeho směr závisí na tom, zdali letíme od rovníku k pólu nebo naopak. Jeho velikost je $|\vec{a}_{\mathrm{C}}| = 2|\vec{\omega}||\vec{v}|\sin(\phi)$, kde ϕ, stejně jako dříve, je zeměpisná šířka. Na rovníku je nulové – největší je na pólu a pro úhlovou rychlost $\omega = 2\pi / T$, $T = 24 \times 60 \times 60$ s a pro rychlost $v = 1000\,\mathrm{km/h}$ činí velikost Coriolisova zrychlení přibližně $0{,}4\,\%$ zrychlení gravitačního. Záporně vzatý vektor Coriolisova zrychlení je třeba nakonec vektorově sečíst s gravitačním zrychlením, abychom dostali pozorované tíhové zrychlení, které použijeme při výpočtu síly tíže.

Pokud měříme v atmosféře, zanedbáváme nadlehčení tělesa vztlakovou silou, rovnající se objemu tělesa vynásobenému hustotou vzduchu tělesem vytlačeného. Nutno znát objem tělesa a teplotu, vlhkost a tlak vzduchu.

Pokud měříme ve vakuu, musíme vzít v úvahu změnu množství hmoty váženého tělesa při procesu odčerpávání vzduchu z původně atmosférického tlaku. Nutno stanovit kvalitu vakua. Dokonalé vakuum je filozofický pojem a jako takové neexistuje. V mezihvězdném prostoru se dá charakterizovat hodnotou tlaku 10^{-16} torr a odpovídá jen několika atomům vodíku v krychlovém centimetru; v současné době je tlak odpovídající nejlepšímu laboratornímu vakuu roven 10^{-13} torr. Torr, dnes neakceptovatelná SI jednotka, vyjadřuje tlak sloupce 1 mm Hg.

Pokud vážíme a stoupáme přitom po žebříku vztyčeném na pólu, síla tíže natahující pružinu našich vah bude klesat s kvadrátem vzdálenosti od středu země. Na nulu nikdy neklesne.

Pokud vážíme těleso o hmotnosti m a stoupáme přitom po žebříku vztyčeném svisle na rovníku, máme kromě gravitace co do činění s odstředivou silou. Z rovnice „rovnováhy" přitažlivé a odstředivé síly $mr\omega^2 = \mathrm{G}mM/r^2$, kde G je Newtonova gravitační konstanta a M je hmota země, dostaneme vzdálenost od středu země r, kde nenaměříme nic. Budeme-li po žebříku stoupat ještě výše, bude vektor tíže směřovat od středu země.

Mentální pokus 2 – vážení na pákových vahách

Budeme-li s pákovými vahami stoupat po žebříku postaveném na pólu, dají se očekávat potíže s metodou čtyř kyvů, neboť se zvyšující se nadmořskou výškou se doba kyvu bude v limitě blížit k nekonečnu.

Ještě je třeba vzít v úvahu rozdílné nadlehčování váženého tělesa a závaží v případě, že mají různý objem.

Předpokládejme, že na miskách rovnoramenných pákových vah umístěných v atmosféře vážíme dvě tělesa. Na jedné misce je kilogramový etalon vypůjčený ze Sévres, mající tvar válce o průměru 39 mm rovném výšce, který je vyroben z iridio-platinové slitiny o hustotě $\rho_{\mathrm{irpt}} = 21464\ \mathrm{kg/m^3}$. Na misce druhé je těleso hmotnosti

$1\,\mathrm{kg}$, vyrobené z oceli o hustotě $\rho_{\mathrm{ocel}} = 7800\,\mathrm{kg/m^3}$. Neptejte se mne, jak by se zajistila stejná hmotnost obou těles. Poměr hustot v tomto případě je $\rho_{irpt} / \rho_{ocel} = 2{,}75$. Objem ocelového tělesa bude v témže poměru větší a v témže poměru větší bude i síla, kterou je nadlehčováno ocelové těleso. Miska vah s vypůjčeným etalonovým závažím tedy poklesne. Vezmeme-li hustotu vzduchu $\rho_{\mathrm{vzduch}} = 1{,}23\,\mathrm{kg/m^3}$ a standardní tíhové zrychlení, vyjdou síly tíže působící na misky vah v poměru $W_{\mathrm{irpt}} / W_{\mathrm{ocel}} = 1{,}0001$.

Závěr

Naše pozorovací možnosti a definice jednotek jsou ohraničeny mezemi výpočtové a experimentální rozlišitelnosti, stejně tak jako modelovými předpoklady, které při pozorování světa přijímáme. Meze rozpoznatelnosti světa se neuvěřitelně zužují – možnosti, které se dnes nabízejí, mají však svá omezení, kterými jsou Planckovy jednotky – pro čas a délku to jsou hodnoty $5{,}39121 \times 10^{-44}\,\mathrm{s}$ a $1{,}61624 \times 10^{-35}\,\mathrm{m}$.

Je neslučitelnost mezi Machovým principem a Obecnou teorií relativity skutečná?

Is the Incompatibility between the Mach Principle and the General Relativity Theory Real?

Pavel Voráček

Astronomiska Institutionen, Lunds Universitet, Lund, Švédsko

Summary: *In the first Section the modified and didactically simplified deduction, originally made by Horák, of the magnitude of the cosmic gravitational potential is presented, starting from the validity of the Mach principle. A direct consequence is the closedness of the Universe and the zero-value of its total (*global*) mass-energy.*

In the second Section it is shown in a gedanken experiment *that the claim about the incompatibility of the Mach principle (MP) and the General relativity theory (GRT) is false. A situation is used where the marginally closed universe, in the epoch of its maximal expansion, is changed into the universe which is open and Euclidean, with a non-trivial topology. Also, it is shown here that the substantial logical mistake was made in the process of deduction of generally established opinion on the incompatibility between the MP and the GRT. The conclusion is that a model of the static Euclidean universe exists, with a density of zero-value entering into the field equation, in spite of the fact that such a universe is filled with the matter. This is not only the argument for the compatibility between the MP and the GRT, but also for their mutual complementarity as well.*

***Keywords**: Mach principle, General relativity, compatibility.*

Uzavřenost Vesmíru na základě teoretického odvození kosmického gravitačního potenciálu

Původní odvození hodnoty kosmického gravitačního potenciálu bylo provedeno Horákem (1963a, b), ačkoli snahy o zjištění tohoto údaje Haasem a Jordanem pocházejí již z doby možná až o sedmnáct let dřívější (Jordan, 1949). Horákovo odvození je možno zjednodušit (Voráček, 1985) a po dalším dodatečném logickém upřesnění a didaktickém doplnění je na tomto místě představujeme.

V dnes všeobecně přijaté fyzice je zakázána následující úvaha: Hvězda s klidovou (koordinátovou) hmotností m_0 má ve fundamentální kosmologické vztažné soustavě nulovou rychlost, tzn. je v klidu. (Fundamentální kosmol. vztaž. soustava je ta, ve které je přímým měřením zjištěna izotropie záření kosmického pozadí. Koordinátová hmotnost hvězdy je taková její hmotnost, která je určena z klasické mechaniky těles obíhajících hvězdu v tak velké vzdálenosti, že jsou tam relativistické vlivy již neměřitelné, či alespoň zcela zanedbatelné.) Náš pozorovatel se pohybuje rovnoměrně přímočaře rychlostí v_1 vůči hvězdě. Ve srovnání s hvězdou má tento pozorovatel tak malou hmotnost (zde bez označení), že je možno ji pro účel této úvahy zcela zanedbat. S výdajem energie, v důsledku této okolnosti též zanedbatelným, je nyní našemu pozorovateli udělena jiná rychlost v_2, ve stejném směru jako byl směr rychlosti původní, pro jednoduchost vyšší než byla velikost rychlosti v_1. Tím se podle Speciální teorie relativity (STR) pro něho zvýší hmotnost hvězdy z

$$m_1 = m_0 \left(1 - \frac{v_1^2}{c^2} \right)^{-1/2} \tag{1}$$

na

$$m_2 = m_0 \left(1 - \frac{v_2^2}{c^2} \right)^{-1/2} \tag{2}$$

(kde c je rychlost světla ve vakuu), přičemž je přírůstek kinetické energie hvězdy

$$\Delta E = (m_2 - m_1)c^2 \qquad (3)$$

z hlediska pozorovatele neporovnatelně větší, než množství energie vynaložené na jeho urychlení z rychlosti v_1 na rychlost v_2. Kde vznikla energie ΔE, byl snad narušen zákon zachování hmoty a energie?

Jako ilustrativní příklad, pro Zemi namísto hvězdy ($m_0 = 5{,}974 \times 10^{24}\,\mathrm{kg}$), je pro uvedení pozorovatele o tělesné hmotnosti 80 kg z klidu ($v_1 = 0$) do velmi pomalého pohybu ($v_2 = 1\mathrm{mm/s}$) třeba použít energie rovné $40\mu J \equiv 4{,}45 \times 10^{-22}\,\mathrm{kg}$, přičemž se však pro něho zvýší hmotnost-energie Země o $\Delta E = 2{,}99 \times 10^{18}\ J \equiv 33{,}23\,\mathrm{kg}$. (Pro porovnání: $1\,\mathrm{TWh} \equiv 40\,\mathrm{g}$; produkce elektrárny o výkonu 1000 MW za 25 hodin má hmotnostní ekvivalent – a skutečně i hmotnost – 1 g.)

Zákaz právě provedené úvahy spočívá v tom, že zákon zachování energie takto použitý platí jen v inerciálních vztažných soustavách. Při zvýšení relativní rychlosti pozorovatele vůči hvězdě nebyla tato podmínka splněna, neboť při změně stavu příslušného prvé situaci ve druhý byla narušena inercialita pozorovatele.

Podle E. Macha je setrvačná hmotnost-energie každého tělesa determinována existencí těles tvořících náplň Vesmíru, neboť se tato hmotnost-energie projevuje setrvačnou silou vznikající pouze při změně vektoru rychlosti tělesa vůči inerciálnímu pozorovateli (tj. při akceleraci resp. deceleraci), přičemž by pojem *pohyb* zkušebního tělesa ve vesmíru prostém jakékoliv další hmoty-energie ztratil z důvodu své principiální relativnosti smysl; tím spíše pak pojem *akcelerace*. Jak bylo ukázáno (Voráček, 2007), gravitace je jedinou z fyzikálních interakcí schopnou zprostředkovat náležitý přenos vlivu Vesmíru na uvažované zkušební těleso. Vycházíme-li z experimentální zkušenosti izotropie setrvačnosti těles a z Kosmologického principu (předpokládajícího homogenitu a následnou izotropii náplně Vesmíru na kosmologicky velké škále vzdáleností), založeného na nejedinečnosti umístění průměrného reálného pozorovatele v prostoru i v kosmické časové epoše, je možno usoudit, že kosmické gravitační pole je polem skalární povahy, charakterizované příslušným potenciálem Φ o konkrétní hodnotě. Všeobecně etablovaná fyzika provádí veškeré své úvahy na této potenciálové hladině.

Pro skalární potenciál Φ existuje referenční nulová hladina, vzhledem k níž je výše uvedenou „zakázanou“ úvahu dovoleno provést, pokud je vzat ohled na potenciální energii hvězdy vztaženou k této nulové hladině. Tím je z úvahy vyloučena inercialita, determinovaná referováním ke hladině kosmického gravitačního potenciálu Φ, jehož hodnotu se zde snažíme odvodit. Celková hmotnost-energie hvězdy vzhledem k nulové hladině tohoto potenciálu (přičemž se však hvězda nachází/existuje na potenciálové hladině Φ kosmického gravitačního pole), kterou nazveme „*globální*“ hmotnost-energie G, je rovna

$$G = E + V = mc^2 + m\Phi, \tag{4}$$

kde E představuje hmotnost-energii hvězdy na úrovni kosmického gravitačního potenciálu Φ a V pak její potenciální gravitační energii vzhledem k jeho nulové referenční hladině.

Při změně relativní rychlosti pozorovatele ke hvězdě o $dv = v_2 - v_1$ je možno energii $\mathrm{d}G$ vydanou na zrychlení našeho pozorovatele se zanedbatelnou hmotností položit rovnu nule

$$\mathrm{d}G = 0. \tag{5}$$

V referenčním systému téhož pozorovatele, s odvoláním na vztah (4), potom platí

$$\mathrm{d}G = \mathrm{d}E + \mathrm{d}V = c^2\mathrm{d}m + m\mathrm{d}\Phi + \Phi\mathrm{d}m. \tag{6}$$

Podle Machova principu (MP) určuje kosmický potenciál Φ setrvačné hmotnosti všech těles, tedy i klidovou hmotnost samotného pozorovatele. V souhlasu se STR a s experimentální zkušeností však pozorovatel žádnou změnu své vlastní klidové hmotnosti (zde bez označení), při změně velikosti své relativní rychlosti vůči hvězdě, nezaznamenává. Z toho plyne, že se v jeho referenční soustavě hodnota potenciálu Φ nezměnila a že tedy

$$\mathrm{d}\Phi = 0. \tag{7}$$

Hvězda však pro něho, podle STR-vztahů (1) a (2), svoji hmotnost změnila, což znamená, že je v jeho vztažné soustavě

$$\mathrm{d}m \neq 0. \tag{8}$$

Použitím závěrů (5), (7) a (8) v rovnici (6) docházíme po vydělení nenulovým dm ke vztahu

$$\Phi = -c^2, \tag{9}$$

což je možno interpretovat co by teoretický důkaz uzavřenosti Vesmíru, neboť z důvodů energetických není žádné těleso schopno opustit náš Vesmír (poněvadž by hodnotou příslušné výstupní práce byla potenciální energie $V = -mc^2$).

Ze vztahu (4) při použití rovnice (9) nyní vyplývá, že

$$G = 0, \tag{10}$$

což znamená, že je globální hmotnost energie každého tělesa ve Vesmíru nulová. Pro globální hmotnost-energii celého Vesmíru pak platí

$$G = \sum_{(i)} G_i = 0. \tag{11}$$

Koeficient ½ platný při stanovení potenciální energie V celého útvaru, platný např. pro energii elektrostatickou, zde nabývá hodnoty 1, a to z důvodu zpětné vazby, která se u potenciálních energií náležejících jiné interakci než energie gravitační nevyskytuje, což vysvětluje, že vztah (10) platí pro G celého Vesmíru i pro G_i každého elementu/tělesa v něm. To znamená, že Vesmír mohl v procesu *světopočátku* (tj. big bangu) povstat[1] z ničeho, aniž by byl narušen zákon zachování hmoty a energie. Pro metafyzikálního pozorovatele vně našeho uzavřeného Vesmíru je tento útvar dokonalou[2] černou jámou[3]. Takový pozorovatel je metafyzikální proto, že je pro nás jakýmkoli fyzikálním způsobem nedosažitelný, a tudíž také fyzikálně neexistuje v našem Vesmíru. Pokud by se snad nalézal v metrickém prostoru jiného vesmíru, byl by pro něj poloměr našeho Vesmíru roven $2G$, tedy nule. Coby dokonalá černá jáma s nulovou hmotností-energií G není proto pro uvažovaného vnějšího pozorovatele zdrojem vnějšího gravitačního pole, což společně s nulovým poloměrem znamená jednoduše to, že pro tohoto pozorovatele naopak zase neexistuje celý náš Vesmír. Tím pádem není ve vnějším vesmíru ani lokalizovatelný. Za těchto okolností je potom požadavek na metricitu vnějšího vesmíru nadbytečný a je možno jej nahradit vhodnějším nemetrickým prostorem bez jakéhokoliv hmotného či energetického obsahu, správněji snad – nemetrickým stavem, kde je náš vnější pozorovatel jen nehmotnou myšlenkovou entitou. Byl by tedy opravdu nejen metafyzikální (ve smyslu fyziky), ale i metafyzický (ve smyslu filozofie).

[1] Výraz *povstat* je volen namísto výrazu *vzniknout* pouze z respektu k dodnes vědecky uznávanému učení Tomáše Aquinského, podle kterého nemůže nic konkrétního (náš *Svět*) *vzniknout z ničeho*, ale může být jen *stvořeno z ničeho*. Aquinského názor je však na tomto místě majorizován, neboť jeho autor neuvažoval o možnosti, že v dané souvislosti vlastně jde o *vznik ničeho* (G = 0) *z ničeho*. Zde se však okamžitě vnucuje námitka: Pro nás, vnitřní pozorovatele, je svět materiálně reálný a jeho hmotnost-energie, z principu vztažená k potenciálové hladině $\Phi = -c^2$, je nenulová, kladná. To znamená, že v průběhu procesu *světopočátku* (big bangu) byl přeci jen zákon zachování hmotnosti-energie narušen, protože uvažujeme, že náš Vesmír povstal z ničeho. Tuto otázku je možno obratem zodpovědět v duchu dosud platné a všeobecně vědecky respektované poučky geniálního sv. Augustina, a to tak, že v uvedené námitce užitá referenční soustava vnitřního kosmického pozorovatele vznikla až spolu s Vesmírem. Námitka nicméně obsahuje skrytý předpoklad, že tato soustava nějakým způsobem Vesmír anticipovala, což představuje spor s Augustinovým učením.

[2] Za nedokonalou černou jámu lze považovat astrofyzikální útvar („zamrzlou“ hvězdu při gravitačním kolapsu) s příslušným vnějším gravitačním polem, který má během procesu hroucení za ideálních teoretických podmínek koordinátovou hmotnost, jež je konstantní, jak učí Birkhoffova věta odvozená z Obecné teorie relativity.

[3] **Poznámka redakce**: Autor upřednostňuje termín *černá jáma* oproti obvykle užívanému *černá díra*. Zdůvodňuje to tak, že se gravitační pole v okolí takovéhoto útvaru mění kontinuálně, přičemž pojem díra vyjadřuje spíše skokovou změnu.

Také je možno – poněkud spekulativně – uvažovat, že i kdyby byl vnější prostor metrickým prostorem jiného vesmíru, nemožnost umístění našeho Vesmíru v něm a nulovost jeho globální hmotnosti-energie *G* dovoluje případný rekurentní přenos našeho Vesmíru dále ven z vesmíru „obalového“, a to bez vydání energie, dokud není dosaženo nemetrického stavu. Je však třeba se zmínit, že se *důvodně* zastáváme platnosti zákona zachování hmoty a energie v Obecné teorii (OTR) a následně i v kosmologii, z čehož se dá učinit též ten závěr, že každý fyzikálně reálný vesmír musí být uzavřený, přičemž neuvažujeme o možnosti případné topologické zpětné vazby ve zmíněném hierarchickém řetězu vesmírů.

Řešení problému neslučitelnosti MP a OTR

K závěru o neslučitelnosti se dospělo úvahou (Horák, 1970 a reference tam uvedené) o tom, že pro modelový prázdný vesmír vstupuje jeho nulová hustota ρ do rovnice pole s tím jednoduchým závěrem, že $R_{ij} = 0$. Na základě toho jsou pak odvozeny neznámé metrické koeficienty *A*, *B* a *C* v obecně vyjádřené metrice

$$\mathrm{d}s^2 = A\mathrm{d}t^2 + B\mathrm{d}r^2 + C\mathrm{d}\Omega^2. \tag{12}$$

Jde o odvození identické s odvozením Schwarzschildovy metriky (viz např. Lawden, 2003). V tomto odvození je však specifikace konstanty *K* v metrickém členu

$$A = -B^{-1} = g_{00} = -\left(1 - \frac{2K}{r}\right) \tag{13}$$

učiněna za předpokladu euklidovského prostoru (plochého prostoročasu), coby okrajové podmínky. (Ve vzorcích (12) a (13) je *r* radiální Schwarzschildova souřadnice v lokálním gravitačním poli, na rozdíl od rovnic (16) a dalších, kde *r* označuje poloměr uzavřeného vesmíru.) Konstanta *K* je tím identifikována jako koordinátová hmotnost lokálního zdroje gravitačního pole, vyjádřená v geometrizovaném systému jednotek GSU (kde $c = 1$), čímž pro ideálně homogenní vesmír, v němž je tato hmotnost rovna nule, dostáváme metriku plochého prostoročasu. V něm však platí v nerelativistických situacích Newtonovy zákony, v nichž je pojem setrvačnosti (setrvačné hmotnosti) zkušebního tělesa pojmem zcela klíčovým. Spor mezi MP a OTR spočívá nyní v tom, že ve vesmíru s nulovou hustotou (podmiňující jeho prázdnost) existuje setrvačnost, která je však podle MP determinována existencí hmoty tento vesmír vyplňující. Na první pohled je takovéto řešení jasně slučitelné s důsledkem Friedmannovy rovnice (dále jen FR) pro euklidovský Einsteinův – de Sitterův marginálně otevřený model vesmíru z roku 1932 (kde $k = 0$). Tato rovnice

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 - \frac{8\pi}{3}\rho = 0, \tag{14}$$

ve které a značí škálový faktor, vystihuje situaci, kdy je stav vesmíru určen podmínkami, za nichž pro $\rho \to 0^+$ platí, že též $\dot{a} \to 0^+$, což znamená, že se jeho expanze asymptoticky zastavuje. (Symbol $\dot{a}$ je časovou změnou faktoru a v čase fundamentálního pozorovatele.) FR (14) popisuje vztah mezi $\dot{a}, a$, jakož i hustotu ρ, relatovanými k jakkoliv zvolenému počátku na časové stupnici (Misner et al., 1973, s. 729). To znamená, že i fundamentální kosmologický pozorovatel v extrémně vzdálené budoucnosti může položit $a = 1$, přičemž je pro něj vesmír prakticky statický a prázdný, což je zcela slučitelné s triviální logickou představou. Tomu pak odpovídá tzv. *prázdný Euklidovský statický model* vesmíru (původní de Sitterův model z roku 1917), tedy parametry $\dot{a} = 0$, $\rho = 0$ a $k = 0$. Problémem zůstává nekonečnost takovéhoto vesmíru a spor s MP. FR (14) se tím prakticky stává nulovou identitou.

V procesu odvození byl však učiněn zcela podstatný omyl: Použití metriky(12) (a jakékoliv metriky vůbec) úplně postrádá logické opodstatnění, neboť zcela prázdný prostor je prostorem nemetrickým, tj. stavem jakékoli metriky prostým. Proto je třeba hledat nějaké alternativní řešení.

V myšlenkovém pokusu vyjděme ze situace, ve které se marginálně uzavřený vesmír nachází ve stavu své maximální expanze. Hustota hmoty-energie tvořící jeho homogenní náplň je ρ_m a liší se jen o infinitesimální hodnotu $\mathrm{d}\rho > 0$ od hustoty kritické

ρ_k, která již náleží marginálně otevřenému vesmíru s euklidovskou geometrií jeho prostoru. Je tedy

$$\rho_m = \rho_k + \mathrm{d}\rho. \tag{15}$$

Pro marginálně uzavřený vesmír s triviální topologií 3-sféry ($k = +1$) v epoše maximální expanze nabývá FR

$$\dot{r}^2 - \frac{8\pi}{3}\rho r^2 = -1 \tag{16}$$

tvaru

$$\frac{8\pi}{3}\rho_m R^2 = 1, \tag{17}$$

kde r je poloměr takového vesmíru. Pro stav maximální expanze platí, že $\dot{r} = 0$ a $r = R$. Nyní provedeme modelovou změnu hustoty z hodnoty ρ_m na hodnotu ρ_k, a to homogenním odebráním příslušné části hmotné náplně vesmíru. Tím se vesmír stal euklidovským. Jelikož však byl původní vesmír kompaktní (tzn., že měl konečně velký objem), musíme nyní zajistit, že i nový – euklidovský – vesmír bude mít tentýž objem. Takovýto požadavek je možno splnit pouze za předpokladu jeho netriviální topologie; vhodnou volbou je např. 3-torus. Vesmír je nyní euklidovský, kompaktní a neomezený, s kritickou hustotou náplně ρ_k.

Na tomto místě provedeme teď na první pohled zcela chybnou úvahu: Hustoty ρ_m a ρ_k se z fyzikálního hlediska prakticky neliší, a proto je možno, s odvoláním na vztah (17), přepsat FR (16) jako

$$\dot{r}^2 - \frac{8\pi}{3}\rho r^2 = -\frac{8\pi}{3}\rho_k R^2. \tag{18}$$

Zřejmou chybu předvedené úvahy je však možno (a také nutno) vykompenzovat, neboť v průběhu provedené modelové změny hustoty z ρ_m na ρ_k došlo ke zcela převratné kvalitativní kosmologické změně z vesmíru uzavřeného na otevřený, třebaže jde o uzavřenost resp. otevřenost marginální. FR (18) nabývá pro stav v epoše maximální expanze jednoduchý tvar

$$\rho_m = \rho_k, \tag{19}$$

z čehož podle vztahu (15) plyne, že

$$\mathrm{d}\rho = \rho_m - \rho_k = 0, \tag{20}$$

čímž se triviální logickou smyčkou dostáváme k výchozímu předpokladu, totiž že matematické $\mathrm{d}\rho > 0$ je fyzikálně možno považovat za nulu. Tato úvaha není zbytečná více než jen zdánlivě. Zmíněnou rozhodující kvalitativní změnu fyzikální a kosmologické situace je možno formálně snadno podchytit, a to tím, že coby referenční potenciálovou hladinu pro uzavřený vesmír použijeme, zcela logicky, hodnotu $\Phi = -c^2$, zatímco pro vesmír otevřený užijeme hodnotu nulové referenční hladiny. Pouze tehdy, když je respektována tato podmínka, je fyzikálně zcela ospravedlněn předpoklad vyjádřený vztahem (20), přičemž byla vykompenzována zjevná a záměrná chyba celé úvahy, vytčená hned na svém počátku. Všechny hustoty uvedené ve vztazích (15) až (20) jsou vztaženy k potenciálové hladině $\Phi = -c^2$; tu je možno při použití systému jednotek GSU, ve kterém je c = 1, vyjádřit jako

$$\Phi = -1. \tag{21}$$

Při vztažení hustoty náplně vesmíru, nalézající se stále ve fyzikálně zcela identickém stavu k nulové potenciálové referenční hladině, je její efektivní (matematicky formálně adekvátní) hodnota

$$\rho_{ef.} = \rho + \rho\Phi, \tag{22}$$

což vzhledem k relevantně použité hodnotě kosmického potenciálu podle vztahu (21) (a též v analogii s rovnicí (4)) znamená, že

$$\rho_{ef.} = 0. \tag{23}$$

Jde tedy vlastně o hustotu globální hmotnosti-energie vesmíru.

Právě provedená úvaha, ve které můžeme $\rho_{ef.}$ ztotožnit s dρ za fyzikálních okolností vyjádřených vztahem (20), ale též současně ospravedlňuje provedení rozhodující kontinuální „metamorfózy“ FR (19), podchycující diskutovanou kvalitativní modelovou změnu, že pravá strana FR (19) přechází v této metamorfóze na stranu levou:

$$\rho_{ef.} = \rho_m - \rho_k = 0. \qquad (24)$$

Marginálně otevřený vesmír s nulovou efektivní hustotou, která vstupuje do FR (14) na místo hustoty ρ, tudíž není prázdný, neboť má nenulovou fyzikální hustotu ρ_k, lokálně měřitelnou jako hodnotu hustoty náplně vesmíru, přičemž je takový vesmír statický. Efektivně stejné statické euklidovské řešení pro prázdný vesmír nacházíme jako možný model i jinde, nezávisle na této úvaze (např. Reddy, 1987). Je zajímavé a důležité, že při platnosti podmínky (20), použité za situace marginálně otevřeného vesmíru, FR (19) ve skutečnosti spojitě přechází v nulovou identitu, a to v procesu logicky podchyceném závěrečným spojením relací (23) a (24).

Až nyní máme důvodné právo etablovat v takovém vesmíru metriku (12) a provést v té souvislosti shora uvedené odvození. Nicméně je pro stanovení konstanty K třeba znát okrajové metrické podmínky, které jsou v procesu odvození předem identifikovány coby metrika plochého prostoročasu, přičemž pro ideálně homogenní vesmír, ve kterém jsou koordinátové hmotnosti lokálních nehomogenit z principu rovny nule, takto samozřejmě opět dostáváme tutéž metriku, jakou je metrika pozadí, tj. metrika plochého prostoročasu. Jde tedy zcela jasně o logickou smyčku. Jediné, co bylo dokázáno, je to, že toto řešení nemá vnitřního rozporu. Matematická jedinečnost řešení tím ale dokázána není. Je však možno tvrdit, že daný homogenní izotropní vesmír nemůže mít současně více metrik než jednu. Tento fyzikální argument pak též zaručuje fyzikální jedinečnost nalezeného řešení. Současně tím ovšem také padá platnost nestatického asymptotického řešení uvedeného v komentáři navazujícím na příslušnou FR (14), co se fyzikálního významu veličiny ρ v této rovnici týče, neboť tam (nyní matematicky formální) ρ reprezentuje rozdíl fyzikálních hustot $\rho - \rho_k(a)$ (Voráček, 1986).

Řešení dané vztahem (24) je *de facto* konzistentní s původním Einsteinovým statickým řešením, pokud by bylo „prázdné“ ($\rho_{ef.} = 0$) a mělo nulovou kosmologickou konstantu, přičemž okolnost, že jde o model vesmíru, jenž je nekonečný, není žádným prvotním důvodem ke sporu.

Literatura

[1] Horák, Z.: Bull. Astron. Inst. Czech., 1963, Vol. 14, p. 117.

[2] Horák, Z.: Bull. Astron. Inst. Czech., 1963, Vol. 14, p. 119.

[3] Horák, Z.: Bull. Astron. Inst. Czech., 1970, Vol. 21, p. 96.

[4] Jordan, P.: Nature, No. 4172, 1949, p. 637.

[5] Lawden, D.F.: An Introduction to Tensor Calculus, Relativity and Cosmology, Methuen & Co. Ltd., London, 2003.

[6] Misner, C.W., Thorne, K.S., Wheeler, J.A.: Gravitation, W.H. Freeman and Co., San Francisco, 1973.

[7] Reddy, D.R.K.: Astrophys. Space Sci., 1987, Vol. 138, p. 128.

[8] Voráček, P.: Astrophys. Space Sci., 1985, Vol. 116, p. 197.

[9] Voráček, P.: Astrophys. Space Sci., 1986, Vol. 122, p. 327.

[10] Voráček, P., Havlík, J., Novotný, J.: Relation between the Newton Principle of Action and Reaction and Gravitational Waves, Together with the Heisenberg Indeterminacy Principle, as a Possible Key to an Explanation of the Quantum Nature of our World, Meze formalizace analytičnosti a prostoročasu, Sborník konference Dny Kurta Gödela, Brno, květen 2006, Filosofia (FÚ AV ČR), Praha 2007.

Kronika

Chronicle

Zemřel profesor František Valenta

V našem kalendáři byl záznam připravit o letních měsících pro Bulletin ČSM našemu kolegovi profesoru Františku Valentovi gratulaci k jeho říjnovým osmdesátinám, ale osud rozhodl jinak. Profesor Valenta dne 4. května 2008 zemřel. Odchodem pana profesora ztrácí jeho rodina, jeho přátelé, spolupracovníci a v neposlední řadě celá vysokoškolská a technická veřejnost vzácného člověka a mimořádnou osobnost. Připomeňme si v krátkosti jeho život a činnost v oblasti mechaniky.

Prof. Ing. František Valenta, CSc. se narodil 1. 10. 1928 v Bratislavě. Po absolvování Průmyslové školy strojnické v Praze studoval na Fakultě strojní ČVUT. Po ukončení studia nastoupil v roce 1952 jako pedagogický asistent do tehdejšího Ústavu stavby strojů, vedeným prof. Kožešníkem. Po dvou letech byl již jako odborný asistent převeden pod prof. Šrejtra a pracoval na Ústavu pružnosti a pevnosti, tedy v oboru, kterému zůstal věrný po celý život. V roce 1964 obhájil kandidátskou dizertační práci na téma *Creep rotačně symetrických součástí*, posléze se habilitoval a byl ustanoven docentem. Během své kariéry měl možnost důvěrně poznat a spolupracovat s celou řadou našich předních praktických i teoretických odborníků, např. s profesory Budinským, Šolínem, Hájkem a dalšími.

V roce 1992 byl na základě řádného konkurzního řízení jmenován profesorem pro obor pružnost a pevnost. Svoji další odbornou a pedagogickou činnost rozvíjel na Ústavu mechaniky, mechatroniky a biomechaniky, vedeném prof. Konvičkovou. I po zakončení své aktivní pedagogické činnosti v roce 2005 se jako emeritní profesor zúčastňoval mnoha aktivit našeho ústavu. Dlouhodobě vedl přednášky v celé řadě předmětů, zejména *Pružnost a pevnost I* a *II*, *Mezní stavy konstrukcí*, *Plasticita a creep* a v dalších. Je autorem mnoha vysokoškolských skript, známé *Sbírky příkladů z pružnosti a pevnosti* a celostátní učebnice *Pružnost a pevnost*.

U svých studentů měl prof. Valenta pověst výborného a obětavého, ale rovněž velmi náročného pedagoga. S jeho jménem je spojeno zavedení ve své době velmi populárního postgraduálního kurzu pro inženýry z praxe *Pružnost a pevnost pro konstruktéry*. Zejména byl však hlavní hybnou osobností při prosazování zásadní modernizace výuky v osmdesátých letech. Pod jeho vedením byl vybudován nový studijní obor *Aplikovaná mechanika*, který se stal předlohou pro další fakulty a vysoké školy v celé naší republice a na Slovensku a měl zásadní vliv na tehdejší novou generaci, řekli bychom počítačových inženýrů.

Prof. Valenta vyškolil úspěšně řadu aspirantů a doktorandů, kteří dnes působí jak v průmyslu, tak i při výchově další generace odborníků v mechanice. K této činnosti je nutno připojit jeho aktivní působení v komisích pro obhajoby kandidátských dizertačních a doktorských prací i v komisích pro obhajoby diplomových prací.

Nedílnou součástí aktivit prof. Františka Valenty byla jeho činnost společensko-organizátorská. Na strojní fakultě např. vykonával funkci proděkana pro zahraniční studenty. Na počátku devadesátých let byl prvním voleným předsedou Akademické rady - dnes Akademického senátu Fakulty strojní ČVUT - a po dvě období byl jeho členem. Mimo fakultu aktivně působil v oblasti vysokého školství jako člen Rady vysokých škol a předseda Fondu rozvoje nebo jako člen Rady programu *Posílení výzkumu na VŠ ČR* při MŠMT. Výčet aktivit prof. Františka Valenty je nutno doplnit i o jeho aktivní činnost v hlavním výboru Společnosti pro mechaniku a v jejích odborných skupinách.

Vědeckovýzkumná činnost prof. Františka Valenty byla zaměřena především na aktuální problémy pevnosti a životnosti extrémně namáhaných konstrukcí. Byl mezi prvními pracovníky, kteří u nás experimentovali a zavedli do posuzování konstrukcí jejich mezní stavy a obecnější reologické vlastnosti materiálu. Zvláště je třeba vyzdvihnout jeho podíl na řešení životnosti a spolehlivosti dálkových plynovodů a tlakových nádob chemického průmyslu. Byl autorem původních prací zdůvodňujících tzv. napěťové testy a dále celé řady odborných publikací a též referátů na domácích i zahraničních konferencích. Byl řešitelem mnoha úkolů základního výzkumu mezních stavů konstrukcí, završených úspěšně uzavřenými granty ČVUT a GA ČR. Ve své práci prof. František Valenta vždy uplatňoval komplexní přístup, což se projevilo v mezioborových oblastech, jako např. biomechanice. Nedílnou částí byla i činnost soudního znalce a konzultanta řady našich podniků.

Za svou činnost a výsledky dostal prof. František Valenta řadu ocenění. Obdržel opakovaná uznání rektora ČVUT a děkana Fakulty strojní ČVUT, ocenění medailemi prof. Felbera, pamětní medailí prof. Hýbla, prof. Spály a cenami ministra školství a rektora ČVUT za pedagogické publikace.

Budeme na Tebe vzpomínat, Františku.

Milan Růžička

*

Osmdesátiny docenta Viktora Kanického

Dne 28. září tohoto roku oslaví prací v plné duševní a fyzické svěžesti své osmdesátiny doc. ing. Viktor Kanický, CSc. Narodil se v Ostravě a jeho otec byl důstojníkem. Vystudoval reálku v Brně − Antonínská (1939 − 47, s „totálním“ nasazením v r. 1944). Studoval s finančními problémy, protože v r. 1940 se rodiče z národnostních důvodů rozvedli a otec byl v r. 1945 odsunut.

Po maturitě se zapsal na Vysokou školu technickou v Brně, obor strojní a současně studoval obor elektrotechnický (1947 − 1951). Za studia zastával místo asistenta na katedře mechaniky Vysoké školy technické Dr. Edvarda Beneše v Brně (1949 − 1950). V nově zřízeném oboru zbrojním byl pověřen vedením cvičení vnitřní a letecké balistiky (1950 − 1951). Jako asistent byl v roce 1951 převeden na katedru mechaniky Vojenské technické akademie Brno. V rámci výzkumu, důležitého pro obranu státu, dokončil v r. 1956 práci *Podmínky stability pohybu rotující rakety* k odborné zkoušce kandidáta věd.

V období 1956 až 1958 přednášel v postgraduálních kurzech na University of Alexandria − Faculty of Armament vnitřní balistiku děl a raket a teorii výbušnin. V r. 1959 přednášel na College of Military Science v Káhiře. V důsledku „zvojenštění“ VTA byl nucen změnit odborné zaměření. V rámci výzkumu pro n. p. SIGMA dokončil v r. 1960 kandidátskou práci *Výpočet vlastních frekvencí vertikálních článkových čerpadel*. Obhajoba práce byla povolena až v r. 1963, kdy získává vědeckou hodnost kandidáta technických věd v oboru mechaniky tuhých a poddajných těles a prostředí.

V období 1961 až 1964 působil jako zástupce vedoucího katedry mechaniky na Military Technical College (MTC) v Káhiře. Od r. 1965 v rámci druhého pracovního poměru působil jako vědecký pracovník v Ústavu aplikované mechaniky v Brně, který vznikl při katedře mechaniky VTA. V kritickém období 1967 až 1969 působil ve funkci vedoucího katedry mechaniky a pružnosti a pevnosti na MTC v Káhiře. V r. 1969 byl z politických důvodů odvolán. Nebylo mu umožněno podat habilitační práci, v pedagogických funkcích byl postupně omezován a posléze byl přinucen k odchodu

(1973). Tím končí jeho vědecká dráha a začíná kariéra v praxi. Se zřetelem k zákazu zaměstnání v Brně nastoupil na 19 let do ČKD Blansko jako výzkumný, později vědecký pracovník výzkumného ústavu. Od roku 1979 dokonce mohl na pětinový úvazek pracovat v Královopolské Brno jako vědecký konzultant. V r. 1990 byl jmenován docentem, stal se vedoucím odboru mechaniky VÚ ČKD Blansko a externě přednášel na VUT v Brně. Zakládá Kancelář dynamických výpočtů (KDV). V r. 1992 odešel z ČKD, ale i nadále zde na pětinový úvazek působil jako konzultant dalších pět let. Nastoupil zpět na katedru mechaniky VA Brno, kde přednášel až do r. 2001. Do důchodu odešel nepozorovaně v r. 1998. Od r. 1994 působí na Ústavu stavební mechaniky VUT v Brně externě jako vědecký pracovník v rámci grantových úkolů. V současné době se především věnuje své KDV.

Pedagogickou činnost docenta Kanického v průběhu téměř šedesáti let charakterizuje úspěšná výchova tří generací inženýrů, oceněná řadou čestných uznání českých i egyptských. Začínal přednášet už jako student. Pro posluchače začínající VTA napsal přes 700 stran skript z mechaniky a balistiky. Na pedagogickou dráhu se připravoval studiem psychologie a pedagogiky se zaměřením na intenzifikaci výuky. Soustavně se věnoval studentům ve vědeckých kroužcích. Mnohé z nich pak vedl nebo konzultoval jako doktorandy. Vedl je k samostatné teoretické práci, k důsledné aplikaci teorie při přípravě numerických výpočtů a k účasti na řešení úkolů pro průmysl.

Více než deset let života věnoval studentům v Egyptě. V postgraduálních kurzech, pro které napsal 1900 stran skript v angličtině, s praktickými závěrečnými projekty přispěl k přípravě desítek vedoucích odborníků pro armádu, zbrojní průmysl a školy. Pro pětisemestrovou mechaniku na vznikající MTC napsal přes 2400 stran úplného souboru skript v angličtině. Vedl pedagogické semináře pro desítku arabských učitelů katedry a školil řadu doktorandů a budoucích učitelů. Vedl výstavbu laboratoří. Na přání vedení MTC zpracoval studii struktur tří podobných vysokých škol. Jako předseda matematicko-fyzikální sekce sboru učitelů školy významně přispěl ve fázi budování MTC k vytváření učebních plánů školy, charakteru výuky a profilu absolventa školy. Desítkám českých učitelů usnadnil vstup do prostředí MTC, v nemalé míře i péčí o jejich osobní pohodu. Jako šéf Klubu občanů zajišťoval poznávání Egypta, v období 1968 i okolních zemí. Tato činnost, spolu s vydáváním informačního časopisu, nebyla orgány později posouzena kladně.

Pedagogice se docent Kanický věnoval i po odchodu z VA během působení v ČKD. Vedl několik podnikových kurzů dynamických výpočtů pracovníků výzkumu a konstruktérů, založil a vydával pro techniky podnikový časopis vědecko-technické společnosti.

Vědeckou, výzkumnou a odbornou práci doc. Kanický vždy považoval za nedílnou součást pedagogické práce. Výzkumem v balistice se zabýval od r. 1947 pod vedením prof. Farlíka. Ten doporučil aktuální problém stability pohybu rakety za téma kandidátské práce. Docent Kanický absolvoval stáže ve zbrojovkách a v nadzvukovém tunelu, navrhnul a realizoval první Schardinovu devítimístnou „časovou lupu" v ČSSR, studoval možnosti aplikace prvních čsl. počítačů (1953) a experimentoval s telemetrií. Výzkum ukončila vyšší moc a docent Kanický se zaměřil (1958) na civilní problémy kmitání konstrukcí v interakci s prostředím.

V letech 1965 − 89 byl spoluřešitelem nebo řešitelem 7 úkolů základního výzkumu, 8 úkolů aplikovaného výzkumu a 4 úkolů podnikových. V období 1965 − 73 řešil s týmem učitelů katedry vesměs dynamiku velkostrojů a úspěšně rozvinul metodu tuhých konečných prvků. V období 1973 − 89 řešil s týmem teoretického a experimentálního oddělení ČKD Blansko problémy teorie a výpočtů kmitání a degradace vlastností dílů vodních turbin a s tím související problémy automatizace experimentů a diagnostikování. Řídil spolupráci s ÚTIA ČSAV, ÚFM ČSAV a KAMT FE VUT. Poznatky získané ve výzkumu docent Kanický využil při řešení desítek konkrétních úloh.

V období od r. 1990 se podílel jako člen týmu nebo spoluřešitel na 8 projektech Ústavu stavební mechaniky FAST VUT Brno, podporovaných GA ČR. Byl řešitelem 2 projektů obranného výzkumu (granty MO). V rámci projektu EU Copernicus 263 vyřešil (včetně realizace) problém on-line identifikace parametrů projíždějících rychlovlaků měřením.

Význačnou vlastností doc. Kanického je schopnost spojit rozsáhlé teoretické poznatky s praktickým inženýrským přístupem k řešení konkrétního problému. Téměř padesátosm let působí jako konzultant desítek průmyslových podniků a projekčních ústavů jak v oblasti teorie, tak při realizaci mnoha významných projektů v ČR a v zahraničí. Středem zájmu jsou speciální problémy dynamiky strojů a stavebních konstrukcí, zejména interakce konstrukcí s prostředím. V roce 1990 docent Kanický zakládá Kancelář dynamických výpočtů a vytváří zde spolehlivý tým s dvojicí svých dlouholetých spolupracovníků. Věnuje se především rozsáhlým seizmickým výpočtům velkých staveb a zařízení pro petrochemii, energetiku a rudný průmysl (vesměs pro export na pět kontinentů). Aktivně se podílí na projektech zvýšení seizmické odolnosti JE Temelín, JE Mochovce a JE Dukovany. Jako hobby se věnuje výzkumu dynamiky základů turbosoustrojí a kmitání oběžných kol vodních turbín ve spolupráci s ÚSM VUT a ČKD Blansko Engineering.

Rozsáhlou odbornou činnost pana docenta Kanického (v trvalém dvousměnném provozu) dokumentuje 878 výpočtových zpráv, 207 výzkumných zpráv, 130 vědeckých a odborných publikací, účast na 17 velkých a 19 menších projektech, 7 patentů a 14 technických zlepšení.

Vlastislav Salajka

*

Sedmdesátník prof. ing. Jan Ondrouch, CSc.

„Stále aktivní, velmi dobrý lyžař-sjezdař, nezdolný tenista a cyklista ....“ to není charakteristika dvacetiletého, sportovně založeného mladíka, ale vyzrálé profesorské osobnosti, mého dlouholetého kolegy prof. ing. Jana Ondroucha, CSc. Letos jsme v dobrém rozmaru společně oslavili jeho sedmdesátku, a tak si dovolím připomenout klíčové milníky jeho životního běhu.

Jan se narodil 6. 5. 1938 v Olomouci, ale brzy se přestěhoval s bratrem a rodiči do Přerova, kde prožil své mládí. Již v mladém věku projevoval zájem o techniku a tento zájem vytrval dodnes. V roce 1957 absolvoval s vyznamenáním Vyšší průmyslovou školu strojní v Přerově, v roce 1962 získal titul inženýr na Fakultě báňského strojnictví Vysoké školy báňské v Ostravě (VŠB) v oboru Strojní zařízení hutí a opět absolvoval studium s vyznamenáním, tj. obdržel „červený diplom“. Po studiích nastoupil do Hutního projektu v Ostravě a v roce 1965 do Ústavu mechaniky, katedry pružnosti a pevnosti Fakulty strojní (FS) VŠB. Jeho vedoucím byl tehdy doc. ing. Adolf Slavík, pod jehož vedením pracoval na pozdější katedře mechaniky až do roku 1990, kdy katedru převzal a vedl do roku 2004.

Profesor Ondrouch získal vědecký titul CSc. v roce 1974 v oboru Stavba výrobních strojů a zařízení, kdy obhájil práci s názvem *Dynamika letmých nůžek*. V roce 1981 se habilitoval na VŠB v oboru Technická mechanika s prací *Příspěvek k řešení dynamiky válcovacích stolic pro válcování za tepla*. Profesorem pro obor aplikovaná mechanika byl jmenován v roce 1992, opět na VŠB. Pět let zastával funkci proděkana Fakulty strojní a elektrotechnické, od roku 1985 je členem Vědecké rady FS VŠB. Od roku 2003 je garantem bakalářského studijního oboru Aplikovaná mechanika, dále členem oborové rady doktorského studia téhož oboru a zastává nebo zastával řadu funkcí spojených s technickým působením v oboru.

Je autorem a spoluautorem skript, 98 publikovaných původních příspěvků na konferencích a seminářích (z toho 45 v zahraničí), 35 článků v odborných časopisech (z toho 12 v zahraničí), 35 oponovaných výzkumných zpráv a 32 odborných nebo znaleckých posudků.

Prof. Ondrouch je uznávaným odborníkem doma i v zahraničí v oblasti aplikované mechaniky, kde má více než 40 let praxe. Podílel se na řešení celé řady výzkumných projektů či grantů, některé jeho výsledky výzkumu, především v oblasti dynamiky strojů, byly využity při realizaci významných projektů v průmyslu. Nejvýznamnější práce pro průmysl vytvořil v oblasti hutnických strojů a zařízení a při snižování vibrací a hluku v těžebním průmyslu a kolejové dopravě. Za svého více než 43letého působení vysokoškolského pedagoga vychoval pět doktorandů, vedl řadu diplomových a bakalářských prací a vyzkoušel z mechaniky tisíce studentů. Je příkladem houževnatého, přímého a vysoce pracovitého člověka, přísného, ale uznalého ke studentům.

V roce 2005 mu byla udělena medaile Georgia Agricoly za jeho významný přínos k rozvoji katedry mechaniky, Fakulty strojní a oboru aplikované mechaniky. Zasloužil se o zavedení studijního oboru Aplikovaná mechanika a vytvoření laboratorního zázemí katedry vybudováním laboratoře experimentální dynamiky, což přispělo ke zkvalitnění výuky.

Petr Horyl

*

K životnímu jubileu ing. Marie Studničkové, CSc.

Ing. Marie Studničková, CSc., vedoucí oddělení mechaniky Kloknerova ústavu ČVUT a zástupkyně ředitele pro rozvoj, vnější vztahy, pedagogiku, vědu a výzkum, oslavila v polovině tohoto roku své životní jubileum.

Narodila se a vyrůstala v jižních Čechách, kde v roce 1957 maturovala na gymnáziu v Prachaticích. Podle rodinné tradice pokračovala v nástavbovém studiu na stavební průmyslovce v Českých Budějovicích. Od dětství obdivovala letadla, a tak nebylo divu, že ve 14 letech začala docházet do teoretických kurzů bezmotorového létání na letišti ve Strunkovicích nad Blanicí a od patnácti let začala létat jako pilot bezmotorových letadel.

Po maturitě pokračovala ve studiu na Stavební fakultě ČVUT v oboru konstruktivně dopravním. Již od třetího ročníku pracovala jako pomocná vědecká síla na katedře stavební mechaniky a zároveň byla studentkou individuálního studia se zaměřením na teorii konstrukcí. Duchovním otcem tohoto studia byl prof. Jan Ducháček, jehož nedožité sté výročí narození si v tomto roce připomínáme. Pan profesor nejen vymyslel a z větší části realizoval výuku vybraných statí teorie konstrukcí, ale stal se i oblíbeným svědkem při svatbách svých svěřenců. Jubilantka tuto tradici v roce 1967 těsně před promocí zahájila. 1. ledna 1968 pak nastoupila jako řádná aspirantka do Kloknerova (tenkrát Stavebního) ústavu, kde profesor Ducháček byl ředitelem.

Ve své lásce k volnému prostoru pod širým nebem z dob amatérského létání pokračovala prohlubováním studia v oblasti vyšetřování účinků větru na konstrukce v rámci mechaniky konstrukcí. Ve své práci od začátku využívala vědomostí získaných při studiu vybraných statí z teorie konstrukcí, a to zejména v oblasti statiky a dynamiky konstrukcí. V dizertační práci se věnovala nelineárnímu kmitání předepjatých kovových nosníků a tenkých desek. V současnosti, po řadě úspěšných prací v oboru, se věnuje dynamice mostů a lávek pro chodce, včetně účinků dopravy a zatížení chodci na těchto konstrukcích. V osmdesátých letech stála u zrodu spolupráce oddělení mechaniky Kloknerova ústavu s projektanty moderních lanových mostů, zejména zavěšených s hustými závěsy. Právě aerodynamická stabilita těchto mostů a problematika kmitání závěsů se na dlouhou dobu staly hlavními tématy práce jubilantky. Aktivně se účastnila prací na dynamických výpočtech a posouzení aerodynamické stability řady zavěšených mostů projektovaných a posléze postavených v Československu.

V roce 1989 byla na stáži v LNEC Lisabon a v devadesátých letech na tříměsíčním studijním pobytu v Transport Research Laboratory v Crowthorne ve Velké Británii, kde spolupracovala s odborníky, kteří se dynamikou a aerodynamikou mostů a lávek pro chodce zabývali. Od devadesátých let byla řešitelkou a spoluřešitelkou řady vědeckovýzkumných projektů z oblasti dynamiky stavebních konstrukcí, dynamických zatížení, účinků větru na konstrukce, aeroelasticity, interferenčních jevů skupin konstrukcí zatížených větrem, dynamických výpočtů mostů (zavěšených a visutých) a lávek pro pěší, zatížení způsobeného činností a pohybem člověka, účinků vibrací na člověka a v neposlední řadě i z oblasti harmonizace evropských norem s ČSN.

Své zkušenosti a přehled v oboru uplatňuje M. Studničková v redakční radě časopisu Engineering Mechanics, je předsedkyní odborné skupiny Teorie konstrukcí při České společnosti pro mechaniku. Řadu let a opakovaně byla členkou grantové komise ČVUT. Za významné zásluhy o rozvoj ČVUT jí byla rektorem ČVUT v roce 1996 udělena Medaile ČVUT II. stupně.

Ing. Marie Studničková, CSc. je skromná a zásadová, dovede se radovat se svými spolupracovníky a přáteli a je známa svou pílí a rozhledem při řešení problémů ve svém oboru. Do příštích let jí přejeme pevné zdraví a pokračování její aktivity při dosahování dalších pracovních úspěchů.

Daniel Makovička

*