Bulletin

České společnosti pro mechaniku

2 / 2017

ČSM

Bulletin

České společnosti pro mechaniku

2 / 2017

Bulletin je určen členům České společnosti pro mechaniku.
Vydává Česká společnost pro mechaniku, Dolejškova 1402/5, 182 00 Praha 8-Libeň.
Bulletin České společnosti pro mechaniku je vydáván s finanční podporou Akademie věd ČR.

Vychází: 3× ročně
Místo vydávání: Praha
Datum vydání: 6. října 2017

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

Redakce
Doc. Ing. Iva Petríková, Ph.D.
Studentská 1402/2, 46117 Liberec
Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci
Tel.: 485 352 947
E-mail: iva.petrikova@tul.cz

Jazyková korektura českých textů
Eva Koudelková

Jazyková korektura anglických textů
Nicola Susanne Karásková

Sazba a grafická úprava
Pavel Koudelka

Tisk
ČVUT Praha,
CTN – Česká technika,
Nakladatelství ČVUT
Thákurova 1
160 41 Praha 6

ČESKÁ SPOLEČNOST PRO MECHANIKU

Asociovaný člen
European Mechanics Society
(EUROMECH)

Předseda
Prof. Ing. Miloslav Okrouhlík, CSc.

Tajemnice sekretariátu
Ing. Jitka Havlínová

Sekretariát
Dolejškova 1402/5, 182 00 Praha 8
Tel.: 266 053 045, tel./fax: 286 587 784
E-mail: csm@it.cas.cz

Domovská stránka
http://www.csm.cz

IČO společnosti
444766

Obsah

Úvodník **2**

Ze života společnosti **3**
Vyhlášení voleb do hlavního výboru ČSM 3
Výsledky soutěže o Cenu akademika Bažanta v roce 2017 9
Vznik nové odborné skupiny Mechanika nanomateriálů 11

Články **12**
Jak mateme studentům hlavu s dostředivou a odstředivou silou 12

Kronika **32**
Za profesorem Janem Vrbkou 32
Vzpomínka na profesora W. B. Krätziga a profesora A. H. Nayfeha 35

Očekávané akce **39**

Contents

Editorial **2**

From the Life of the Society **3**
Announcement of Elections to the Main Committee of the CSM 3
Announcement of the 2017 Academician Bažant Prize 9
Establishment of a New Expert Group for Mechanics of Nanomaterials 11

Papers **12**
Why Students Are Confused Regarding Centripetal and Centrifugal Force 12

News of Members of the Society **32**
Reflections upon the Work of Professor Jan Vrbka 32
In Memoriam: Professor W. B. Krätzig and Professor A. H. Nayfeh 35

Forthcoming Events **39**

ÚVODNÍK
Editorial

Milé kolegyně, milí kolegové.

Předsednictvo České společnosti pro mechaniku dovršuje čtyřleté volební období své činnosti a podle Stanov společnosti vyhlašuje volby do hlavního výboru Společnosti, a to koncem roku 2017. Informace o volebním řádu a informace o způsobu jejich provedení jsou k dispozici jak v tomto čísle Bulletinu, tak i na našich stránkách www.csm.cz.

Volby proběhnou ve dvou etapách, a to elektronicky. V první etapě budete mít možnost podle svého uvážení doplnit seznam navrhovaných kandidátů, ten je umístěn od počátku září na našich webových stránkách. V etapě druhé proběhne samotná volba. V článku *Vyhlášení voleb do hlavního výboru ČSM* najdete podrobnosti.

K tomu, abyste mohli volit elektronicky, je třeba, abyste byli přihlášeni do intranetové databáze Společnosti. Většina členů již přihlášena je – ti, kteří se dosud nepřihlásili, naleznou v tomto Bulletinu vložený lístek se svým uživatelským jménem (které se rovná Vaší e-mailové adrese) a Vaším osobním heslem, umožňujícím se do databáze přihlásit a následně pak volit.

Vyzývám Vás, abyste se zamysleli nad navrhovanými kandidáty do nového hlavního výboru Společnosti a svou uvážlivou volbou přispěli k úspěšnému a efektivnímu chodu Společnosti v dalším období.

M. Okrouhlík

Vyhlášení voleb do hlavního výboru ČSM

Announcement of Elections to the Main Committee of the CSM

Vážené členky a vážení členové ČSM,

v souladu s usnesením hlavního výboru ČSM byly vyhlášeny volby orgánů ČSM na následující volební období. Volby proběhnou podle schváleného volebního řádu, viz http://www.csm.cz/dokumenty/.

Volební řád České společnosti pro mechaniku (v Článku 1) předepisuje způsob volby předsednictva, členů hlavního výboru a revizní komise. Předsedové poboček, a odborných skupin nejsou voleni celou členskou základnou a jsou ustanoveni na základě interní volby v rámci jednotlivých poboček a odborných skupin.

Příprava kandidátní listiny probíhá ve dvou etapách.

V první etapě jste v tomto čísle Bulletinu ČSM obdrželi v abecedním pořadí návrh jmen potenciálních členů předsednictva, členů hlavního výboru a revizní komise. Navržená kandidátní listina je od 1. 9. 2017 publikována na adrese www.csm.cz společně s výzvou členům Společnosti k možnosti doplnění kandidátní listiny o jejich vlastní návrhy dalších kandidátů (doložené jeho souhlasem s kandidaturou). Doplňující návrhy lze zaslat poštou nebo e-mailem do **17. 10. 2017**. K termínu **23. 10. 2017** bude zveřejněna kandidátní listina s doplněnými návrhy.

Druhou etapu tvoří vlastní volby dle volebního řádu ČSM. Volba je přímá a tajná. Provádí se elektronicky, a to vyplněním formuláře na stránkách Společnosti www.csm.cz. Volič může zvolit maximálně 18 jmen z kandidátní listiny. Anonymita voličů je softwarově zajištěna. (viz. Článek 4). Vyhodnocení voleb proběhne v souladu s volebním řádem (viz Článek 5), a to k datu **20. 11. 2017**. Výsledky budou zveřejněny na stránkách ČSM a v dalším čísle Bulletinu ČSM.

Vážené členky a členové, v minulém a předminulém roce jste obdrželi pokyny, jakým způsobem je možno přihlásit se na stránkách Společnosti do intranetové databáze (uživatelské jméno = e-mail a heslo). Tam je pro vás dostupný adresář členů ČSM i vaše vlastní osobní a kontaktní údaje k aktualizacím. Pomocí těchto přihlašovacích údajů vám bude k datu 23. 10. 2017 zpřístupněna stránka Volby 2017. Po provedené volbě (zaškrtnutím políček u daných jmen, max. 18 jmen) a odeslání formuláře bude váš „hlasovací lístek“ zakódován a registrován do databáze výsledků hlasování. Poslední termín pro odeslání hlasovacího lístku je **20. 11. 2017 do 24:00.**

Patříte-li mezi členy nebo členky ČSM a dosud jste neaktualizovali své přístupové údaje, v tomto Bulletinu naleznete vložený lístek s údaji nutnými k tomu, abyste se mohli do databáze přihlásit a následně pak volit.

Přejeme vám „šťastnou volbu“.

Harmonogram voleb

Doplňující návrhy kandidátů do HV	17. 10. 2017
Zveřejnění kandidátní listiny	23. 10. 2017
Elektronické hlasování	23. 10. – 20. 11. 2017, 24:00

Předběžná kandidátka na volby hlavního výboru České společnosti pro mechaniku, z. s.

doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.	TU v Liberci, FS, Liberec
prof. Dr. Ing. Jan Dupal	ZČU v Plzni, FAV, Plzeň
Ing. Dušan Gabriel, Ph.D.	ÚT AV ČR, v. v. i., Praha
doc. Ing. Radim Halama, Ph.D.	VŠB-TU Ostrava, FS, Ostrava - Poruba
prof. RNDr. Miroslav Hrabovský, DrSc.	SLO UP v Olomouci a FÚ AV ČR, v. v. i.
prof. Ing. Milan Jirásek, DrSc.	ČVUT v Praze, FSv, Praha
doc. Ing. Miloslav Kepka, CSc.	ZČU v Plzni, FS, Plzeň
Ing. Radek Kolman, Ph.D.	ÚT AV ČR, v. v. i., Praha
prof. RNDr. Michal Kotoul, DrSc.	VUT v Brně, FSI, Brno

doc. Ing. Jaroslav Kruis, Ph.D.	ČVUT v Praze, FSv, Praha
prof. Ing. Jiří Křen, CSc.	ZČU v Plzni, FAV, Plzeň
prof. Ing. Vladislav Laš, CSc.	ZČU v Plzni, FAV, Plzeň
Ing. Jiří Náprstek, DrSc.	ÚTAM AV ČR, v. v. i., Praha
prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc.	VUT v Brně, FAST, Brno
prof. Ing. Miloslav Okrouhlík, CSc.	ÚT AV ČR, v. v. i., Praha
Ing. Luděk Pešek, CSc.	ÚT AV ČR, v. v. i., Praha
doc. Ing. Iva Petríková, Ph.D.	TU v Liberci, FS, Liberec
prof. Ing. Jindřich Petruška, CSc.	VUT v Brně, FSI, Brno
Ing. Jiří Plešek, CSc.	ÚT AV ČR, v. v. i., ředitel, Praha
Dr. Ing. Pavel Polach	VZÚ Plzeň, Plzeň
prof. Dr. Ing. Eduard Rohan, DrSc.	ZČU v Plzni, FAV, Plzeň
prof. Ing. Milan Růžička, CSc.	ČVUT v Praze, FS, Praha
doc. Ing. Josef Soukup, CSc.	UJEP v Ústí n. L., FVTM, Ústí n. L.
prof. Ing. Jiří Šejnoha, DrSc.	ČVUT v Praze, FSv, Praha
doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.	ČVUT v Praze, FS, Praha
prof. Ing. Václav Uruba, CSc.	ÚT AV ČR, v. v. i., Praha
prof. Ing. Miroslav Václavík, CSc.	VÚTS Liberec, a. s., Liberec
prof. Ing. Stanislav Vejvoda, CSc.	Vítkovice ÚAM, a. s., Ostrava
doc. Ing. Jan Vimmr, Ph.D.	ZČU v Plzni, FAV, Plzeň
prof. Ing. Jaroslav Zapoměl, DrSc.	VŠB-TU Ostrava, FS, Ostrava-Poruba

Předběžnou kandidátku je možné doplnit o další členy, případně ji jinak upravit. Podmínkou je, že navrhovaný člen musí s kandidaturou souhlasit.

Návrhy na doplnění kandidátky zašlete na e-mailovou adresu: csm@it.cas.cz (případně i poštou) do 17. 10. 2017.

Definitivní kandidátka bude doplněna o Vaše návrhy a zveřejněna pro volby, které probíhají elektronicky v období od 23. 10. do 20. 11. 2017 na webových stránkách ČSM.

Volební řád České společnosti pro mechaniku, z. s.

Článek 1. Všeobecná ustanovení

1. Volební řád České společnosti pro mechaniku, z. s. (dále jen ČSM nebo Společnost), předepisuje způsob volby předsednictva, členů hlavního výboru a revizní komise. Předsedové poboček a odborných skupin nejsou voleni – jsou ustanoveni na základě interní volby v rámci jednotlivých poboček a odborných skupin.
2. Právo navrhovat kandidáty a volit má každý člen Společnosti.
3. Právo být volen za člena předsednictva má každý člen Společnosti, jehož členství trvá alespoň jeden rok.
4. Právo být ustanoven za předsedu poboček a odborných skupin má každý člen Společnosti, jehož členství trvá alespoň jeden rok.

Článek 2. Vypsání voleb

1. Volby vyhlašuje hlavní výbor Společnosti v souladu se stanovami.
2. Vyhlášení volby je s předstihem publikováno v Bulletinu Společnosti a na webových stránkách www.csm.cz.

Článek 3. Příprava voleb

1. Volbu připravuje hlavní výbor Společnosti.
2. Hlavní výbor Společnosti připravuje návrh kandidátní listiny, stanovuje způsob volby, termín voleb a datum jejich provedení.
3. Příprava kandidátní listiny probíhá ve dvou etapách. V první etapě je navrženo v abecedním pořadí 30 až 40 jmen potencionálních členů předsednictva, členů hlavního výboru a revizní komise. Navržená kandidátní listina je publikována na adrese www.csm.cz společně s výzvou členům Společnosti o možnost doplnění kandidátní listiny o vlastní návrhy dalších kandidátů (doložené jeho souhlasem s kandidaturou) zpravidla do 10 pracovních dní ode dne zveřejnění na www stránkách ČSM. Po uplynutí této lhůty nastává druhá etapa, ve které je aktualizovaná kandidátní listina zveřejněna na www stránkách ČSM a vyhlášen termín voleb.

Článek 4. Provedení voleb

1. Volba je přímá a tajná. Provádí se elektronicky, a to vyplněním formuláře na stránkách Společnosti www.csm.cz. Volič může zvolit maximálně 18 jmen z kandidátní listiny. Anonymita voličů je softwarově zajištěna.

Článek 5. Vyhodnocení voleb

1. Vyhodnocení voleb provádí volební komise (dále jen komise) ustanovená stávajícím předsednictvem.
2. Komise sečte počet došlých volebních „listin“ a vyhodnotí počet odevzdaných hlasů pro jednotlivé kandidáty.
3. Komise sestaví pořadí kandidátů podle počtu získaných hlasů. Ti, kteří získali nejvyšší počet hlasů se stávají novými členy předsednictva, členy hlavního výboru a revizní komise.
4. Při rovnosti hlasů je pořadí zvolených kandidátů určeno na základě pořadí v kandidátní listině.
5. Po ukončení voleb předseda volební komise svolá schůzi stávajícího předsednictva a revizní komise a nově zvolených členů a ohlásí tam výsledky voleb.
6. Na této schůzi proběhne tajná volba předsedy Společnosti.
7. Nově zvolený předseda zorganizuje volbu funkcionářů předsednictva a členů revizní komise.

Článek 6. Závěrečná ustanovení

1. Volební řád platí do doby schválení nového volebního řádu.
2. Volební řád schvaluje hlavní výbor Společnosti.
3. Volební řád je závazný pro všechny orgány Společnosti.
4. V případě potřeby doplnění předsednictva a revizní komise mezi volbami je hlavní výbor oprávněn kooptovat nové členy.

Tento volební řád byl schválen na schůzi hlavního výboru České společnosti pro mechaniku dne 29. června 2017 a je součástí Stanov platných od 28. prosince 2015. Volební řád i Stanovy jsou na našich webových stránkách.

Pro úplnost uvádíme informaci o struktuře České společnosti pro mechaniku:

- Hlavní výbor sestává z volených a jmenovaných orgánů
    - volené orgány
        - předsednictvo,
        - členové hlavního výboru,
    - jmenované orgány
        - předsedové poboček a odborných skupin,
        - zástupci kolektivních členů.
- Revizní komise

Hlavnímu výboru přísluší volit předsednictvo, členy hlavního výboru a revizní komise.

- Předsednictvo sestává z předsedy, místopředsedů, vědeckého tajemníka a hospodáře.
- Počet členů hlavního výboru se stanovuje podle potřeby.
- Revizní komise sestává ze tří členů, kteří nejsou členy hlavního výboru. Mají však právo se zúčastnit zasedání hlavního výboru.

Výsledky soutěže o Cenu akademika Bažanta v roce 2017

Announcement of the 2017 Academician Bažant Prize

Dne 26. 4. 2017 zasedala na Fakultě stavební ČVUT Komise pro udělování ceny prof. Bažanta ve složení: prof. Ing. Jiří Máca, CSc. (FSv ČVUT), doc. Ing. Matěj Lepš, Ph.D. (FSv ČVUT), doc. Ing. Pavel Kuklík, CSc. (FSv ČVUT), doc. Ing. Jan Vorel, Ph.D. (FSv ČVUT), Ing. Jiří Náprstek, DrSc. (ÚTAM AVČR) – předseda a zástupce ČSM.

Předseda komise Ing. Jiří Náprstek, DrSc., zaslal prof. Ing. Miloslavu Okrouhlíkovi, CSc., zprávu ze zasedání komise.

Do soutěže byly přihlášeny tři práce, které splňovaly formální náležitosti pro účast, viz příloha. Každá z nich byla vypracována pod vedením příslušného garanta a byla oponována starším vědeckým pracovníkem, viz příloha. Každý ze soutěžících seznámil komisi se svou prací během 13minutové přednášky a 10 minut odpovídal na dotazy členů komise. Na závěrečném neveřejném zasedání komise zhodnotila úroveň prací a současně způsob a kvalitu jejich prezentace a obhajoby. Vzhledem k tomu, že první práce nebylo možné kvalitou rozlišit, rozhodla se komise pro sdílení prvního a druhého místa dvěma soutěžícími bez rozlišení pořadí a se stejnou odměnou. Komise tedy přijala toto usnesení:

1.–2. místo + odměna 6000 Kč: Filip Šmejkal;
1.–2. místo + odměna 6000 Kč: Marek Tyburec;
3. místo + odměna 4000 Kč: Michal Šmejkal.

Obecně je třeba zdůraznit, že všechny práce měly s přihlédnutím k věku autorů velmi dobrou odbornou úroveň. Po formální stránce byly zpracovány pečlivě a na dobré jazykové úrovni.

Příloha:
Účastníci soutěže o cenu akademika Zdeňka Bažanta v roce 2017
Fakulta stavební ČVUT, 26. 4. 2017

Filip Šmejkal: Desky proměnné tloušťky a jejich aplikace v optice

- absolvent oboru C,
- školitelé: Prof. RNDr. Antonín Mikš, CSc., a Ing. Martin Horák, Ph.D.,
- oponent Prof. Ing. Jiří Novák, Ph.D.

Marek Tyburec: Modular-Topology Optimization of Truss Structures Composed of Wang Tiles

- absolvent oboru C,
- školitel doc. Ing. Jan Zeman, Ph.D.,
- oponent Ing. Anna Kučerová, Ph.D.

Michal Šmejkal: Mezní analýza rámových konstrukcí

- student 2. ročníku oboru C,
- školitel Prof. Ing. Milan Jirásek, DrSc.,
- oponent: Ing. Petr Havlásek, Ph.D.

Vznik nové odborné skupiny Mechanika nanomateriálů

Establishment of a New Expert Group for Mechanics of Nanomaterials

Na zasedání předsednictva České společnosti pro mechaniku byla dne 28. června 2017 ustanovena nová odborná skupina České společnosti pro mechaniku, nazvaná „Mechanika nanomateriálů“.

Nanotechnologie představují obecně vědní obor, který se zabývá studiem a využitím struktur o velikostech od 1 nanometru do 100 nanometrů. Jedná se o moderní technologie, které jsou celosvětově rozšířeny a nacházejí uplatnění téměř ve všech oborech lidské činnosti.

Předsedou odborné skupiny se stal prof. RNDr. David Lukáš, CSc., který působí jako akademický pracovník na Fakultě textilní Technické univerzity v Liberci.

Jak mateme studentům hlavu s dostředivou a odstředivou silou

Why Students Are Confused Regarding Centripetal and Centrifugal Force

Miloslav Okrouhlík

Abstract

The author considers at length the array of contradictory answers provided by university students when examined on the rotation of rigid bodies in classical mechanics during their undergraduate courses. The rotation of a body can be explained simply both in terms of kinematics and dynamics, yet this is often complicated by the various definitions formulated by different authors.

As a result, some students are uncertain whether a person sitting on a merry-go-round is acted on by centripetal or centrifugal force; some students even consider that centrifugal acceleration (which is actually non-existent) is the reason for the existence of centrifugal force.

The author intends to show that the students' misunderstanding arises from two different sources: in the available literature, different forces are called by the same terms and, secondly, different terms are used to name identical forces. This Babylonian confusion of tongues has a long tradition, stretching back to Newton's Principia.

This paper tries to distinguish and compare different definitions, formulations and terminology related to the rotation of rigid bodies. By discussing a few worked-out examples[1] in detail, the author hopes that any existing misunderstandings might be clarified.

[1] To simplify the explanation only a mass particle will be discussed.

Úvod

Článek se zabývá různými výklady, se kterými se čtenář setkává při studiu dynamiky v knihách, učebnicích či skriptech, v nichž se definují a vysvětlují pojmy související s rotací těles, jako např. síla dostředivá či odstředivá. Autora k tomu přiměli studenti ze středních škol, s nimiž se setkává při zkouškách z předmětu Mechanika na školách vysokých. Ti třeba tvrdí, že odstředivé zrychlení vyvolává odstředivou sílu, a nemají jasno ani v tom, zda na osobu na kolotoči působí dostředivá či odstředivá síla.

Autor se tomuto zmatení jazyků snaží přijít na kloub, využívaje k tomu ukázek jednoduchých[2].

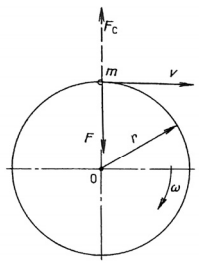
Uveďme několik příkladů

Příklad 1 je ze starší středoškolské učebnice [1].

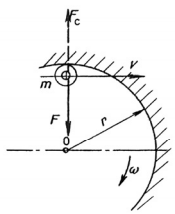
2.2.2.2 Pohyb hmotného bodu po kružnici ve vodorovné rovině

Zjistíme pohyb hmotného bodu m, který rotuje ve vodorovné rovině kolem osy O (obr. 52). Bod m je upevněn na nehmotném vlákně. Bod se pohybuje rovnoměrnou rychlostí v, a proto se zde vyskytuje pouze zrychlení normálné

$$a_n = \frac{v^2}{r} = \text{konst.}$$



Obr. 52



Obr. 53

Síla způsobující toto normálné zrychlení se nazývá silou dostředivou. Projevuje se buď napětím vlákna, nebo reakcí podpory (obr. 53). Podle d'Alembertova principu musí být síla dostředivá F v rovnováze se silou setrvačnou, která směřuje od středu a nazýváme ji silou odstředivou. Značí se F_C. Potom platí

$$F_C = m \,.\, a_n = m \,.\, \frac{v^2}{r}.$$

Odstředivá ani dostředivá síla práci nekonají, poněvadž jsou stále kolmé k dráze.

[2] Výklad je zjednodušen – zabývá se jen kinematikou a dynamikou hmotné částice.

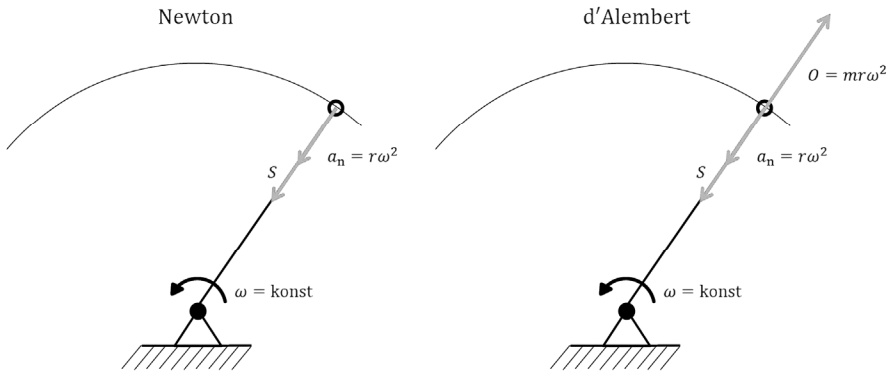
Text učebnice [1]:

Síla, způsobující toto normálné [dnes říkáme normálové] *zrychlení se nazývá silou dostředivou.*

Komentář k textu:

Normálové zrychlení bodu pohybujícího se po kružnici, tj. $a_n = r\omega^2 = v^2 / r$, je záležitost kinematická. Je vyvoláno jen pohybem bodu po kružnici obvodovou rychlostí v. Odvození složek zrychlení při relativních pohybech – nejenom zrychlení dostředivého, ale i tečného a Coriolisova – je v Příloze 1. Kinematika se nezabývá silami, které tento pohyb způsobují, a hmotnost sledovaného bodu nehraje žádnou roli – **nedá se tedy říci, že normálové zrychlení je vyvoláno silou dostředivou**.

Síly totiž vstupují do hry až v dynamice. Jednoduchý příklad – částice o hmotnosti m, jsouc ke středu otáčení připevněna vláknem či lanem o délce r, se pohybuje konstantní úhlovou rychlostí ω po kružnici kolem pevného středu. Zvolme kladný směr od hmotného bodu do středu otáčení. Nechť tahová síla ve vlákně, která při pohybu vzniká, je S. Viz obr. 1. Pohybový zákon, popisující pohyb částice, se obecně dá vyjádřit dvěma ekvivalentními zápisy – Newtonovým a d'Alembertovým.



Obr. 1.

Newtonův zápis, tj. $ma_n = S$, kde $a_n = r\omega^2$ je normálové či dostředivé zrychlení, má tvar ekvivalence sil a říká, že součin hmotnosti částice a jejího zrychlení je stejný jako součet sil (akčních i reakčních) na částici působících. V našem případě je tam taková síla jediná – síla ve vlákně S. Newton sám, viz Příloha 2, sílu na levé

straně rovnice nazývá silou setrvačnou a sílu na straně pravé nazývá silou dostředivou. Tyto síly mají stejnou velikost a směr, ale jsou různého původu. Jsou ekvivalentní – nejsou identické.

D'Alembertův zápis, tj. $S - O = 0$, kde $O = mr\omega^2$ je odstředivá síla, působící proti směru dostředivého zrychlení. Zápis má formu rovnováhy sil – je založen na myšlence uvolňování tělesa, v tomto případě částice pohybující se po kružnici. Nejde jen o formální převedení jednoho členu rovnice s opačným znaménkem na stranu druhou. Připomeňme, že částice je v mechanické rovnováze tehdy, když součet sil na částici působící je roven nule. Princip uvolňování (free body diagram in English) je založen na představě odstranění vazeb, jejich nahrazení odpovídajícími silami a hledání podmínek rovnovážných. V našem případě přerušíme vlákno, nahradíme jeho účinky silou ve vlákně a připojíme sílu odstředivou – ta je rovna součinu hmotnosti částice a jejího záporně vzatého dostředivého zrychlení – a pro tyto síly píšeme podmínky „dynamické" rovnováhy. Není to rovnováha ve statickém slova smyslu, je to virtuální rovnováha sil působících na hmotný bod, psaná pro daný čas a pro danou polohu. Viz např. [2], [3].

V podmínce „dynamické" rovnováhy se kromě působících sil objevují d'Alembertem zavedené zdánlivé setrvačné[3] síly, které jsou obecně dány součinem hmotnosti a záporně vzatého zrychlení. V případě pohybu částice po kružnici konstantní úhlovou rychlostí jde pouze o sílu odstředivou, která je dána součinem hmotnosti a záporně vzatého normálového (dostředivého) zrychlení. A ta je v rovnováze se silou ve vlákně. Odstředivá síla, kterou pozorovatel v inerciálním prostoru „nevidí", se často nazývá silou zdánlivou. Pozorovateli v neinerciálním prostoru, sedícímu na částici, se jeví jako síla vnější.

Text učebnice [1]:

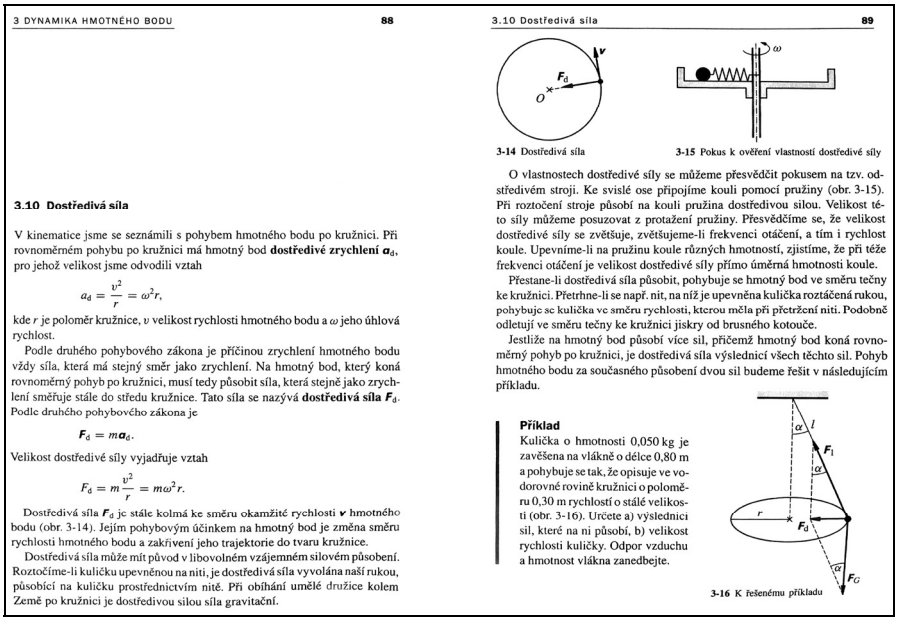
Podle d'Alembertova principu musí být síla dostředivá v rovnováze se zdánlivou silou setrvačnou, která směřuje od středu a nazýváme ji silou odstředivou.

Komentář k textu:

Není tomu tak, pokud se síla dostředivá definuje jako ma_n. Jsou to síly z různého vidění světa. Z hlediska pozorovatele v inerciálním a neinerciálním systému.

[3] D'Alembertův zápis píšeme pro souřadnicový systém spojený s rotující částicí, tedy pro neinerciální soustavu. V anglických textech se jako s označením pro zdánlivé setrvačné síly setkáváme s termíny apparent or fictitious force, pseudoforce etc.

Příklad 2 je z dodnes používané středoškolské učebnice [4]. Podívejme se na text této učebnice na stránkách 88 a 89.



3 DYNAMIKA HMOTNÉHO BODU 88

3.10 Dostředivá síla

V kinematice jsme se seznámili s pohybem hmotného bodu po kružnici. Při rovnoměrném pohybu po kružnici má hmotný bod **dostředivé zrychlení** $\boldsymbol{a}_d$, pro jehož velikost jsme odvodili vztah

$$a_d = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r,$$

kde r je poloměr kružnice, v velikost rychlosti hmotného bodu a ω jeho úhlová rychlost.

Podle druhého pohybového zákona je příčinou zrychlení hmotného bodu vždy síla, která má stejný směr jako zrychlení. Na hmotný bod, který koná rovnoměrný pohyb po kružnici, musí tedy působit síla, která stejně jako zrychlení směřuje stále do středu kružnice. Tato síla se nazývá **dostředivá síla** $\boldsymbol{F}_d$. Podle druhého pohybového zákona je

$$\boldsymbol{F}_d = m\boldsymbol{a}_d.$$

Velikost dostředivé síly vyjadřuje vztah

$$F_d = m\frac{v^2}{r} = m\omega^2 r.$$

Dostředivá síla $\boldsymbol{F}_d$ je stále kolmá ke směru okamžité rychlosti $\boldsymbol{v}$ hmotného bodu (obr. 3-14). Jejím pohybovým účinkem na hmotný bod je změna směru rychlosti hmotného bodu a zakřivení jeho trajektorie do tvaru kružnice.

Dostředivá síla může mít původ v libovolném vzájemném silovém působení. Roztočíme-li kuličku upevněnou na niti, je dostředivá síla vyvolána naší rukou, působící na kuličku prostřednictvím nitě. Při obíhání umělé družice kolem Země po kružnici je dostředivou silou síla gravitační.

3.10 Dostředivá síla 89

3-14 Dostředivá síla

3-15 Pokus k ověření vlastností dostředivé síly

O vlastnostech dostředivé síly se můžeme přesvědčit pokusem na tzv. odstředivém stroji. Ke svislé ose připojíme kouli pomocí pružiny (obr. 3-15). Při roztočení stroje působí na kouli pružina dostředivou silou. Velikost této síly můžeme posuzovat z protažení pružiny. Přesvědčíme se, že velikost dostředivé síly se zvětšuje, zvětšujeme-li frekvenci otáčení, a tím i rychlost koule. Upevníme-li na pružinu koule různých hmotností, zjistíme, že při téže frekvenci otáčení je velikost dostředivé síly přímo úměrná hmotnosti koule.

Přestane-li dostředivá síla působit, pohybuje se hmotný bod ve směru tečny ke kružnici. Přetrhne-li se např. nit, na níž je upevněna kulička roztáčená rukou, pohybuje se kulička ve směru rychlosti, kterou měla při přetržení niti. Podobně odletují ve směru tečny ke kružnici jiskry od brusného kotouče.

Jestliže na hmotný bod působí více sil, přičemž hmotný bod koná rovnoměrný pohyb po kružnici, je dostředivá síla výslednicí všech těchto sil. Pohyb hmotného bodu za současného působení dvou sil budeme řešit v následujícím příkladu.

Příklad
Kulička o hmotnosti 0,050 kg je zavěšena na vlákně o délce 0,80 m a pohybuje se tak, že opisuje ve vodorovné rovině kružnici o poloměru 0,30 m rychlostí o stálé velikosti (obr. 3-16). Určete a) výslednici sil, které na ni působí, b) velikost rychlosti kuličky. Odpor vzduchu a hmotnost vlákna zanedbejte.

3-16 K řešenému příkladu

Komentář k textu a k obr. 3.14:

Zase se zabýváme otázkou, co je příčinou a co následkem. Příčinou existence normálového (dostředivého) zrychlení částice pohybující se po kružnici, tj. $a_n = r\omega^2$, je pohyb zmíněné částice po kružnici. A podle Newtonova zákona toto zrychlení vyvolá sílu setrvačnou, tj. ma_n, kde $a_n = r\omega^2$. Kdyby obíhající částice byla pouhou geometrickou entitou s nulovou hmotností, žádná síla by nevznikla, a přesto by měla dostředivé zrychlení. Podle Newtonova zákona je tato síla rovna součtu působících sil. A podle obr. 3.14 je jedinou působící silou síla ve vlákně, říkejme jí třeba S, takže $mr\omega^2 = S$.

Součin $mr\omega^2$ se v této učebnici nazývá silou dostředivou.

Newton [7] však za dostředivou sílu nepovažuje sílu $mr\omega^2$ – považuje za ni vazbovou sílu S. Tedy sílu ve vlákně. Ta je sice stejně velká a stejného směru jako síla $mr\omega^2$, které Newton říká síla setrvačná, jsou to však síly různé – jedna bez druhé nemůže existovat, jedna není výslednicí druhé. Síly jsou ekvivalentní, tedy $mr\omega^2 = S$. Ekvivalence však neznamená identitu.

V textu učebnice [4], nad obr. 3.16, se dále píše:

... jestliže na hmotný bod působí více sil, přičemž hmotný bod koná rovnoměrný pohyb po kružnici, je dostředivá síla výslednicí těchto sil ...

Komentář k textu:

Ne, ne, ne. Výslednice sil je definována jako náhrada soustavy sil silou jedinou, která v mechanice tuhých těles vyvolá stejné reakce. Tedy, buď na těleso působí soustava sil, nebo jejich výslednice – účinek, jde-li o tělesa tuhá, je v obou případech stejný. Síla F_d, nakreslená jako výslednice sil na částici na obr. 3.16, nahrazuje sílu v laně a sílu tíhovou, což vede k mylnému dojmu, že sílu v laně a sílu tíhovou už nemusíme dále brát v úvahu, neboť jsou nahrazeny silou označenou F_d. Ta sama o sobě by vyvolala pohyb částice ve směru dostředivého zrychlení. Jde tedy o mylný výklad pojmu rovnováha sil.

Správná formulace by měla být

$m\vec{a}_n = \vec{S} + m\vec{g}$ … setrvačná síla na levé straně rovnice je stejně velká a stejného směru jako součet sil na straně pravé.

Nebo podle d'Alemberta

$\vec{S} + m\vec{g} + \vec{O} = \vec{0}$, kde $\vec{O} = -m\vec{a}_n$. Síla v laně, síla tíže a síla odstředivá jsou v „dynamické“ rovnováze – dávají nulovou výslednici.

Příklad 3 je z Nachtikalovy učebnice fyziky [5]. Na straně 100 se píše:

> Při výkladu nuceného pohybu křivočarého můžeme se postaviti na dvojí stanovisko, jak ukážeme na příkladu hmotné koule, zavěšené na ocelové spirále a roztočené kolem pevného středu:
>
> 1. Vyšetřujeme podmínku hmoty nucené konati křivočarý pohyb; od vázanosti musí na ni působiti síla dostředivá. V daném případě hmota se pohybuje po kruhové dráze proto, že napjatá spirála ji táhne stále směrem k středu.
>
> 2. Vyšetřujeme podmínky upevnění; hmota za křivočarého pohybu působí na své upevnění silou odstředivou. Spirála je protažena proto, že hmotná koule za svého nuceného pohybu kruhového ji táhne silou odstředivou.

Tady je to hezky vysvětleno. Jako ilustrace k Nachtikalovu textu je v Příloze 3 uveden jednoduchý příklad.

Babylonské zmatení jazyků

Pokusme se rozklíčovat důvody vedoucí k rozdílným výkladům. Podívejme se, jak Newton definuje sílu vnější, setrvačnou a sílu dostředivou.

Uvádíme původní Newtonovy definice uvedené v jeho latinsky psaných Principiích [6][4] a v prvním anglickém překladu Principií [7] z roku 1728.

Abychom předešli pochybnostem o správnosti překladu, je v Příloze 2 uveden též text v latině. Newtonovy Principie vyšly ve třech vydáních, a to v letech 1687, 1713 a 1726, které se v některých výkladech liší. Komentáře k překladům vydání třetího jsou v [8].

Newtonův druhý zákon

Ve vztazích popisujících centrální pohyb či pohyb v prostředí odporujícím pohybu se v Newtonových Principiích nevyskytuje termín hmotnost. Je to tím, že v té době bylo zvykem uvádět závislosti v úměrnostech. Koeficienty úměrnosti se tedy ve vztazích nevyskytují a běžná rozměrová kontrola není možná. A tak síla je často uváděna jako rovna zrychlení. Původní podoba Newtonova druhého zákona, v anglickém překladu uvedeném v [8], je:

The change of motion is proportional to the motive force impressed and is made in the direction of the straight line in which that force is impressed.

Je tomu třeba rozumět tak, že změna rychlosti (tedy zrychlení) je úměrná působící síle, a je ve stejném směru jako působící síla. Formulace obsahuje informaci o vektorovém charakteru veličin – avšak hmotnost jako koeficient úměrnosti zmíněna není.

Všeobecně známý vztah, tj. $\vec{F} = m\vec{a}$, se v této podobě v Principiích nevyskytuje.

Setrvačná síla

DEFINITION III and comment from [7]:

The vis insita*, or innate force of matter, is a power of resisting, by which every body, as much as in it lies, endeavours to persevere in its present state, whether it be of rest, or of moving uniformly forward in a right line.*

[4] Publikace je k dispozici na adrese www.gutenberg.org.

… Upon which account, this *vis insita*, may, by a most significant name, be called ***vis inertiæ***, or **force of inactivity**. But a body exerts this force only, when another force, impressed upon it, endeavours to change its condition.

Komentář k textu:

Setrvačná síla vyjadřuje nechuť tělesa měnit svůj stav ve smyslu rozjet se, zastavit, zrychlit, zpomalit. Poslední věta je také důležitá. Tato setrvačná síla existuje jen tehdy, když je tam nějaká další síla – Newton jí říká *impressed force*, síla vtištěná, mohli bychom říci vnější síla.

Ta **vnější síla,** uvedená v předchozí definici, může mít více podob, říká Newton. Může být vyvolána rázem, tlakem, či **dostředivou silou**.

DEFINITION IV and comment from [7]:

An impressed force is an action exerted upon a body, in order to change its state, either of rest, or of moving uniformly forward in a right line.

… This force consists in the action only; and remains no longer in the body, when the action is over. For a body maintains every new state it acquires, by its *vis inertiæ* only. Impressed forces are of different origins as from percussion, from pressure, from **centripetal force**.

Komentář k textu:

V jiné části Principií (Scholium to Proposition 78) k dostředivé síle Newton dodává:

I have now given explanation of two major cases of attractions, namely when the centripetal force decreases in duplicate ratio of the desistance [rozumí se, že klesá úměrně čtverci vzdálenosti] *or increase in the simple ratio of the distance.*

V dalším textu Newton definuje dostředivou sílu takto:

DEFINITION V and comment from [7]:

A centripetal force is that by which bodies are drawn or impelled, or any way tend, towards a point as to a centre.

… Of this sort is gravity, by which bodies tend to the centre of the earth magnetism, by which iron tends to the loadstone; and that force, what ever it is, by which the planets are perpetually drawn aside from the rectilinear motions, which

otherwise they would pursue, and made to revolve in curvilinear orbits. A stone, whirled about in a sling, endeavours to recede from the hand that turns it; and by that endeavour, distends the sling, and that with so much the greater force, as it is revolved with the greater velocity, and as soon as ever it is let go, flies away. **That force** which opposes itself to this endeavour, and **by which the sling perpetually draws back the stone towards the hand, and retains it in its orbit, because it is directed to the hand as the centre of the orbit, I call the centripetal force**. And the same thing is to be understood of all bodies, revolved in any orbits. They all endeavour to recede from the centres of their orbits; and were it not for the opposition of a contrary force which restrains them to, and detains them in their orbits, which I therefore call centripetal, would fly off in right lines, with an uniform motion …

Komentář k textu:

Dostředivá síla směřuje do středu. Může mít původ v gravitaci, magnetizmu, či v síle působící v rotujícím lanku, na jehož konci je hmotný bod, jak je uvedeno v Newtonově výkladu – tato část je v předchozím textu vysázena tučně.

Závěr

Jeden z důvodů, vedoucích ke zmatení jazyků, je v tom, že různé síly nazýváme stejnými termíny a že různé termíny slouží pro pojmenování týchž sil. A též ze dvou různých pohledů na svět – z hlediska pozorovatele v inerciální, či v neinerciální souřadnicové soustavě. Příklad pro studenty je v Příloze 3.

Abychom ve shodě s pocity či s měřením správně popsali pohyb těles v neinerciální soustavě, tedy v soustavě, která se pohybuje se zrychlením vůči soustavě inerciální, je třeba brát v úvahu d'Alembertovy setrvačné síly (nazývané též síly fiktivní, zdánlivé, či pseudosíly) – obecně jsou to setrvačné síly Eulerovy, odstředivé a Coriolisovy, které jsou úměrné záporně vzatým tečným, dostředivým a Coriolisovým zrychlením. Coriolisova setrvačná síla vzniká při současném výskytu unášivé rotace a relativní rychlosti. Opět viz Příloha 1.

Dostředivá síla se mylně chápe jako antonymum k síle odstředivé. Není tomu tak. Dostředivá síla ve smyslu ma_n je matoucí termín. Podle Newtonových definic je součin ma_n síla setrvačná, nikoliv dostředivá. Je to síla viděná z hlediska pozorovatele v inerciální soustavě. V inerciální soustavě o odstředivé síle nemá smyslu hovořit. Síla odstředivá, byť nazývaná silou fiktivní, je síla, kterou pociťuje, či

může měřit pozorovatel v soustavě neinerciální, v našem příkladu sedící na částici pohybující se po kruhové dráze. Síla odstředivá je důsledkem existence částice, tělesa v prostoru, která se pohybuje se zrychlením, tedy v neinerciální soustavě – formálně v důsledku transformace souřadnic mezi inerciální a neinerciální soustavou, principu uvolňování a d'Alembertova pojetí podmínek „dynamické" rovnováhy, kterou píšeme pro neinerciální soustavu. Viz [2].

Všimněte si, že Newton dostředivou sílu definuje jako sílu vnější a vysvětluje, viz Příloha 2**, že může být různého původu, např. být silou vazbovou, magnetickou či silou gravitační.**

K zmatení jazyků přispívá i ta skutečnost, že Newton [Příloha 2] používá termínu síla setrvačná pro součin *ma*, zatímco autoři textů [2] a [3], stejně jako mnoho dalších autorů, při výkladu d'Alembertova popisu téhož termínu, tj. síla setrvačná, používají pro týž součin, ale s opačným znaménkem, tj. $-ma$.

Podobně Newton, v případu s rotující částicí na vlákně, používá termínu dostředivá síla pro sílu ve vlákně, zatímco v mnohých učebnicích je dostředivá síla zmatečně definována jako $mr\omega^2$.

Vzpomeňme na starou Šrejtrovu učebnici Dynamiky [9], kde síly setrvačné byly chápány ve shodě s Newtonovými definicemi, zatímco pro d'Alembertovy síly se používalo termínu *doplňkové setrvačné síly*. Někteří čeští autoři vhodně používají pro d'Alembertovy síly termínu *zdánlivé setrvačné síly*.

Stojí za zmínku, že za vyslovení pojmu odstředivé zrychlení se na pražské technice za profesora Šrejtra kdysi vyhazovalo od zkoušky. Kolegové z kateder mechaniky na VUT v Brně a na ZČU v Plzni mi potvrdili, že na tamních univerzitách je tomu tak dodnes.

Též možno uvést, že v publikaci [3] se termín dostředivá síla ani jednou nevyskytuje.

Problematika zdánlivé setrvačné síly a gravitace je úsměvným, a přitom rigorozním způsobem popsána v Höschlových Esejích o mechanice [12], kde je líčena z hlediska červa v padajícím jablku.

Připomeňme, že propagátorem Newtonových myšlenek v Českých zemích byl Jan Tesánek (1728–1788), který vydal první dvě knihy Newtonových Principií s vlastním komentářem. Tesánkovy komentáře k Principiím mu vynesly titul „Magni Neutoni Commentator". Viz [10].

Takže k tomu, co říkají studenti:

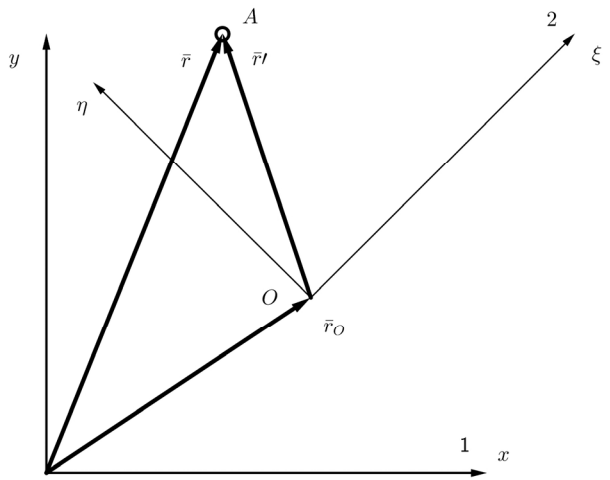
- Vlak jede do zatáčky, protože je k tomu přinucen silou dostředivou. Pokud bereme sílu dostředivou, a to ve shodě s Newtonem, jako sílu vazební –

tj. reakci mezi kolejemi a vlakem – pak ano. Pokud studenti tvrdí, že síla dostředivá je $mr\omega^2$, pak ne.

- Že síla dostředivá je reakcí na sílu odstředivou. Rozhodně ne ve smyslu $mr\omega^2$ a $-mr\omega^2$. Jsou to síly z různého vidění světa.
- Že Země je přitahována k Slunci silou dostředivou. Pokud za sílu dostředivou, a to ve shodě s Newtonem, budeme uvažovat sílu gravitační, tj. $\kappa \frac{mM}{r^2}$, pak ano. Pokud budeme tvrdit, že síla dostředivá je $mr\omega^2$, pak ne.

Přílohy

Příloha 1. Kinematika – odvození složek zrychlení při relativních pohybech



Obr. A1_1. Kinematika relativních pohybů

Mějme inerciální, souřadnicový systém (x, y) – označme jej číslem 1. V tomto souřadnicovém systému se pohybuje jiný souřadnicový systém (ξ, η), označený číslem 2. Viz obr. A1_1. Poloha počátku O souřadnicového systému (ξ, η) je dána vektorem $\bar{r}_O$. Bod O má rychlost $\bar{v}_O$. Kolem počátku O se systém (ξ, η) otáčí úhlovou rychlostí ω. Vektor úhlové rychlosti $\bar{\omega}$ je kolmý na nákresnu. Nechť bod A, žijící v systému (ξ, η), se též pohybuje. Jeho okamžitá poloha vůči systému (x, y) je

dána vektorem $\bar{r}$, jeho poloha vůči systému (ξ, η) je dána vektorem $\bar{r}'$. Je zřejmé, že souřadnicový systém (ξ, η) je neinerciální.

Časová derivace vektoru úhlové rychlosti, tedy úhlové zrychlení, je nezávislá na volbě souřadnicového systému. Tedy

$$\left[\frac{\mathrm{d}\bar{\omega}_{21}}{\mathrm{d}t}\right]_1 = \left[\frac{\mathrm{d}\bar{\omega}_{21}}{\mathrm{d}t}\right]_2 = \bar{\varepsilon}_{21}$$

Pro polohové vektory platí

$$\bar{r} = \bar{r}_O + \bar{r}' .$$

Víme, že časová derivace vektoru $\vec{r}$, o souřadnicích $\{x, y, z\}$, je vektor ve směru změny koncového bodu tohoto vektoru.

Rychlost bodu A vůči základnímu rámu je dána derivací polohového průvodiče $\bar{r}$ v prostoru 1, tj. v nehybné soustavě (x, y), která se rovná součtu derivací vektorů $\bar{r}_O$ a $\bar{r}'$ v témž prostoru

$$\bar{v}_\mathrm{A} = \left[\frac{\mathrm{d}\bar{r}}{\mathrm{d}t}\right]_1 = \left[\frac{\mathrm{d}\bar{r}_O}{\mathrm{d}t}\right]_1 + \left[\frac{\mathrm{d}\bar{r}'}{\mathrm{d}t}\right]_1 = \quad \ldots \text{ první člen je rychlost bodu } O,$$

$$= \bar{v}_O + \left[\frac{\mathrm{d}\bar{r}'}{\mathrm{d}t}\right]_2 + \bar{\omega}_{21} \times \bar{r}' = \ldots \text{ druhý vyjádříme podle pravidla o derivaci vektoru}$$

$$= \underbrace{\bar{v}_O + \bar{\omega}_{21} \times \bar{r}'}_{\bar{v}_\text{unášivá}} + \underbrace{\left[\frac{\mathrm{d}\bar{r}'}{\mathrm{d}t}\right]_2}_{\bar{v}_\text{relativní}} = \bar{v}_O + \bar{\omega}_{21} \times \bar{r}' + \bar{v}_\mathrm{r} = \ldots \text{ a přeskupíme členy.}$$

$$= \bar{v}_\text{unášivá} + \bar{v}_\text{relativní} = \bar{v}_\mathrm{u} + \bar{v}_\mathrm{r} .$$

Definujeme

$\bar{v}_\mathrm{u} = \bar{v}_O + \bar{\omega}_{21} \times \bar{r}'$ je *rychlost unášivá* a $\bar{v}_\mathrm{r} = \left[\frac{\mathrm{d}\bar{r}'}{\mathrm{d}t}\right]_2$ je *rychlost relativní*.

Podobně budeme postupovat při odvození zrychlení bodu A. Opět vyjdeme ze vztahu

$$\bar{v}_\mathrm{A} = \bar{v}_O + \bar{v}_\mathrm{r} + \bar{\omega}_{21} \times \bar{r}'.$$

Berouce v úvahu pravidla pro derivaci součinu, postupně dostáváme

$$\overline{a}_{\mathrm{A}} = \left[\frac{\mathrm{d}\overline{v}_{\mathrm{A}}}{\mathrm{d}t}\right]_1 = \underbrace{\left[\frac{\mathrm{d}\overline{v}_{O}}{\mathrm{d}t}\right]_1}_{a_O} + \underbrace{\left[\frac{\mathrm{d}\overline{v}_{r}}{\mathrm{d}t}\right]_1}_{\left[\frac{\mathrm{d}v_{\mathrm{r}}}{\mathrm{d}t}\right]_2 + \overline{\omega}_{21}\times\overline{v}_{\mathrm{r}}} + \underbrace{\left[\frac{\mathrm{d}\overline{\omega}_{21}}{\mathrm{d}t}\right]_1 \times \overline{r}'}_{\overline{\varepsilon}_{21}\times\overline{r}'} + \underbrace{\overline{\omega}_{21} \times \left[\frac{d\overline{r}'}{\mathrm{d}t}\right]_1}_{\overline{\omega}_{21}\times\left\{\left[\frac{d\overline{r}'}{dt}\right]_2 + \overline{\omega}_{21}\times\overline{r}'\right\}} =$$

$$= \overline{a}_O + \underbrace{\left[\frac{\mathrm{d}v_{\mathrm{r}}}{\mathrm{d}t}\right]_2}_{\overline{a}_r} + \overline{\omega}_{21}\times\overline{v}_{\mathrm{r}} + \overline{\varepsilon}_{21}\times\overline{r}' + \overline{\omega}_{21}\times\left\{\underbrace{\left[\frac{d\overline{r}'}{dt}\right]_2}_{\overline{v}_r} + \overline{\omega}_{21}\times\overline{r}'\right\} =$$

$$= \overline{a}_O + \overline{a}_{\mathrm{r}} + \overline{\omega}_{21}\times\overline{v}_{\mathrm{r}} + \overline{\varepsilon}_{21}\times\overline{r}' + \overline{\omega}_{21}\times\left(\overline{v}_{\mathrm{r}} + \overline{\omega}_{21}\times\overline{r}'\right).$$

Tedy zrychlení bodu A je

$$\boxed{a_{\mathrm{A}} = \overline{a}_O + \underbrace{\overline{a}_r}_{\text{relativni}} + \underbrace{\overline{\varepsilon}_{21}\times\overline{r}'}_{\text{tecne}} + \underbrace{\overline{\omega}_{21}\times\left(\overline{\omega}_{21}\times\overline{r}'\right)}_{\text{dostredive}} + \underbrace{2\overline{\omega}_{21}\times\overline{v}_{\mathrm{r}}}_{\text{Coriolisovo}}.}$$

Odvodili jsme složky zrychlení bodu, který se vůči nehybnému souřadnicovému systému pohybuje v rotujícím souřadnicovém systému, aniž jsme k tomu potřebovali jakoukoli zmínku o silách. **Normálové zrychlení, nezávisle na směru rotace, vždy směřuje do středu – proto dostředivé. Odstředivé zrychlení neexistuje.**

Příloha 2. Definice mechanických pojmů z pera autora nejpovolanějšího

Uvádíme je v ukázkách z původní latinské verze Principií [6] a též v prvním existujícím anglickém překladu [7].

Latinský text [L] neuvádíme z marnivosti. Chceme se dopátrat toho, jak s pojmy zacházel Isaac Newton, a ujistit se, zda v průběhu věků nedošlo ke zmatení při překladu [E].

○ Definice hmotnosti

[L]. Def. I, pagella 8.

Quantitas Materiæ est mensura ejusdem orta ex illius Densitate & Magnitudine conjunctim ... Hanc autem quantitatem sub nomine corporis vel Massæ in sequentibus passim intelligo.

[E]. Definition I, page 36.

The quantity of matter is the measure of the same, arising from its density and bulk conjunctly ... It is this quantity that I mean hereafter everywhere under the name of body or mass.

Newtonův první zákon – nepůsobí-li vnější síla, pak těleso buď zůstává v klidu, nebo pokračuje v rovnoměrném pohybu po přímce – je v Principiích uveden v tomto tvaru.

[L]. Def. III, p. 8.

Materiæ vis insita *est potentia resistendi, qua corpus unumquodq;, quantum in se est, perseverat in statu suo vel quiescendi vel movendi uniformiter in directum.*

[E]. DEFINITION III, p. 36.

The vis insita*, or innate force of matter, is a power of resisting, by which every body, as much as in it lies, endeavours to persevere in its present state, whether it be of rest, or of moving uniformly forward in a right line.*

Vnější síla, setrvačná síla a dostředivá síla

[L]. Def. IV, p. 37.

Vis impressa est actio in corpus exercita, ad mutandum ejus statum vel quiescendi vel movendi uniformiter in directum. Consistit hæc vis in actione sola, neq; post actionem permanet in corpore. Perseverat enim corpus in statu omni novo per solam vim inertiæ. Est autem vis impressa diversarum originum, ut ex ictu, ex pressione, ex vi centripeta.

[E]. DEFINITION IV, p. 9.

An impressed force is an action exerted upon a body, in order to change its state, either of rest, or of moving uniformly forward in a right line.

This force consists in the action only; and remains no longer in the body, when the action is over. For a body maintains every new state it acquires, by its *vis inertiæ* only. Impressed forces are of different origins as from percussion, from pressure, from centripetal force.

○ Dostředivá síla

[L]. Def. V, p. 9.

Vis centripeta est qua corpus versus punctum aliquod tanquam ad centrum trahitur, impellitur, vel utcunq; tendit.

Hujus generis est gravitas, qua corpus tendit ad centrum Terræ: Vis magnetica, qua ferrum petit centrum Magnetis, et vis illa, quæcunq; sit, qua Planetæ perpetuo retrahuntur a motibus rectilineis, et in lineis curvis revolvi coguntur. Est autem vis centripetæ quantitas trium generum, absoluta, acceleratrix et motrix.

[E]. DEFINITION V, p. 37.

A centripetal force is that by which bodies are drawn or impelled, or any way tend, towards a point as to a centre.

Of this sort is gravity, by which bodies tend to the centre of the earth magnetism, by which iron tends to the loadstone; and that force, what ever it is, by which the planets are perpetually drawn aside from the rectilinear motions, which otherwise they would pursue, and made to revolve in curvilinear orbits. **A stone, whirled about in a sling, endeavours to recede from the hand that turns it; and by that endeavour, distends the sling, and that with so much the greater force, as it is revolved with the greater velocity, and as soon as ever it is let go, flies away. That force which opposes itself to this endeavour, and by which the sling perpetually draws back the stone towards the hand, and retains it in its orbit, because it is directed to the hand as the centre of the orbit, I call the centripetal force.** And the same thing is to be understood of all bodies, revolved in any orbits. They all endeavour to recede from the centres of their orbits; and were it not for the opposition of a contrary force which restrains them to, and detains them in their orbits, which I therefore call centripetal, would fly off in right lines, with an uniform motion. A projectile, if it was not for the force of gravity, would not deviate towards the earth, but would go off from it in a right line, and that with an uniform motion, if the resistance of the air was taken away. It is by its gravity that it is drawn aside perpetually from its rectilinear course, and made to deviate towards the earth, more or less, according to the force of its gravity, and the velocity of its motion. The less its gravity is, for the quantity of its matter, or the greater the velocity with which it is projected, the less will it deviate from a rectilinear course, and the farther it will go. If a leaden ball, projected from the top of a mountain by the force of gunpowder with a given velocity, and in a direction parallel to the horizon, is carried in a curve line to the distance of two miles before it falls to the ground; the same, if the resistance of

the air were taken away, with a double or decuple velocity, would fly twice or ten times as far. And by increasing the velocity, we may at pleasure increase the distance to which it might be projected, and diminish the curvature of the line, which it might describe, till at last it should fall at the distance of 10, 30, or 90 degrees, or even might go quite round the whole earth before it falls; or lastly, so that it might never fall to the earth, but go forward into the celestial spaces, and proceed in its motion *in infinitum*. And after the same manner that a projectile, by the force of gravity, may be made to revolve in an orbit, and go round the whole earth, the moon also, either by the force of gravity, if it is endued with gravity, or by any other force, that impels it towards the earth, may be perpetually drawn aside towards the earth, out of the rectilinear way, which by its innate force it would pursue; and would be made to revolve in the orbit which it now describes; nor could the moon with out some such force, be retained in its orbit. If this force was too small, it would not sufficiently turn the moon out of a rectilinear course: if it was too great, it would turn it too much, and draw down the moon from its orbit towards the earth. It is necessary, that the force be of a just quantity, and it belongs to the mathematicians to find the force, that may serve exactly to retain a body in a given orbit, with a given velocity; and *vice versa*, to determine the curvilinear way, into which a body projected from a given place, with a given velocity, may be made to deviate from its natural rectilinear way, by means of a given force. The quantity of any centripetal force may be considered as of three kinds; absolute, accelerative, and motive.

Příloha 3. Příklad s inerciální a neinerciální soustavou

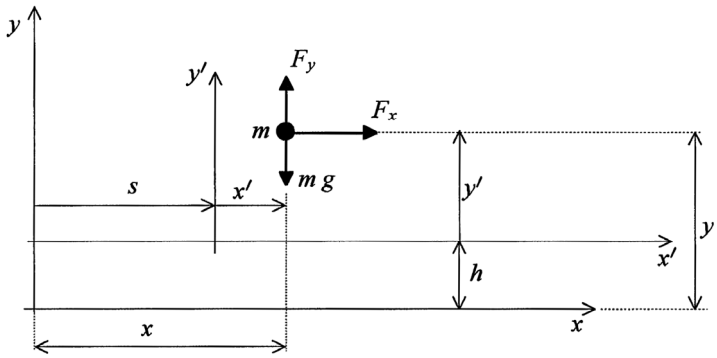
Newtonův zákon, v podobě $\vec{F} = m\vec{a}$, je aplikovatelný na hmotnou částici v tzv. inerciální soustavě. Ve starších textech byl termín inerciální soustava hezky a jednoduše definován jako soustava, která je v klidu vůči stálicím, nebo se vůči nim pohybuje po přímce, a to rovnoměrnou rychlostí. Neinerciální soustava je taková, která se vůči soustavě inerciální pohybuje se zrychlením.

Vesmír však neustále expanduje a každá jeho část se pohybuje se zrychlením, a tak není žádných stálic a žádné pevné, fixní inerciální soustavy.

Pro většinu inženýrských aplikací (ne pro všechny[5]) můžeme však Zemi přibližně považovat za inerciální soustavu, neboť zrychlení udělovaná tělesům na

[5] Foucaultovo kyvadlo, pasátní větry, či „dlouhé“ řeky tekoucí ve směru poledníku jsou dobrými příklady, kdy se Země za inerciální soustavu považovat nedá.

povrchu Země jsou v důsledku jejího pohybu po ekliptice a v důsledku její rotace velmi malá.



Obr. A3_1. Hmotná částice v akcelerující tramvaji

Pro vysvětlení pohledu na svět očima pozorovatelů v inerciální a v neinerciální soustavě a pro vysvětlení dvojího možného zápisu pohybových rovnic použijme jednoduchého příkladu, v němž Zemi budeme považovat za soustavu inerciální a tramvaj, rozjíždějící se s konstantním zrychlením po kolejích položených na zemském povrchu, považovaném za rovinu, za soustavu neinerciální. Situaci si ještě zjednodušujeme tím, že předpokládáme, že tramvaj se pohybuje rychlostmi malými ve srovnání s rychlostmi světla.

Nechť souřadnicová soustava x, y na obr. A3_1 představuje inerciální soustavu, pevně spojenou se Zemí. Naším úkolem je popsat trajektorii částice o hmotnosti m, na kterou působí konstantní síla F (představme si malou raketku, která je k částici připevněna). Částice je v tramvaji, pohybující se s konstantním zrychlením a ve směru osy x.

Souřadnicová soustava x', y', pevně spojená se zrychlující tramvají, je tedy soustavou neinerciální. Počáteční podmínky jsou známy. Předpokládejme, že jde o rovinný pohyb. Sílu tíže bereme v úvahu.

Pohybové rovnice vůči Zemi jsou

$$m\ddot{x} = F\cos\alpha, \quad m\ddot{y} = F\sin\alpha - mg\,. \tag{1}$$

Počáteční podmínky pro tramvaj.

Na počátku sledovaného děje, v čase $t = 0$, jsou osy y a y' totožné. Mezi osami x a x' je konstantní vzdálenost h. Počáteční rychlost tramvaje je nulová.

Počáteční podmínky pro částici:

V čase $t = 0$ částice sídlí v počátku souřadnicové soustavy x', y'. Její počáteční podmínky jsou $v_{x0} = v_{x'0}, v_{y0} = v_{y'0}$.

Dvojí integrací rovnic (1) podle času, uvažujíce počáteční podmínky, dostaneme vztahy popisující rychlost částice a její trajektorii jako funkce času z hlediska vnějšího pozorovatele, tedy v inerciální souřadnicové soustavě spojené se Zemí.

$$v_x = v_{x0} + \frac{Ft}{m}\cos\alpha, \quad v_y = v_{y0} + \frac{Ft}{m}\sin\alpha - gt\,. \tag{1a}$$

$$x = v_{x0}t + \frac{Ft^2}{2m}\cos\alpha, \quad y = v_{y0}t + \frac{Ft^2}{2m}\sin\alpha - \frac{1}{2}gt^2\,. \tag{1b}$$

Transformace mezi souřadnicemi inerciálními a neinerciálními se dá popsat vztahy.

$$x = x' + s, \quad s = \frac{1}{2}at^2, \quad y = y' + h, \quad h = konst\,.$$

$$\ddot{x} = \ddot{x}' + \ddot{s}, \quad \ddot{s} = a\,.$$

$$\ddot{x} = \ddot{x}' + a, \quad \ddot{y} = \ddot{y}'\,. \tag{2}$$

Dosazením posledního vztahu (2) do rovnice (1) dostaneme pohybové rovnice částice vzhledem k akcelerující tramvaji.

$$m\ddot{x}' = F\cos\alpha - ma, \quad m\ddot{y}' = F\sin\alpha - mg\,. \tag{3}$$

Nebo

$$-m\ddot{x}' - ma + F\cos\alpha = 0, \quad -m\ddot{y}' - mg + F\sin\alpha = 0\,. \tag{4}$$

Pohybové rovnice (4) vyjadřují podmínku rovnováhy sil. Součet všech sil je roven nule. Není to statická rovnováha, je to zápis, mající formální podobu rovnice rovnováhy, popisující situaci v dané poloze a v daném, jakoby zamrzlém, čase. V některých učebnicích se používá termínu dynamická rovnováha.

V rovnici (4), psané pro neinerciální soustavu, se jakoby zázrakem objevuje dodatečná síla, tj. $-ma$. Cornelius Lancozs [2] při popisu d'Alembertova principu ji nazývá zdánlivou silou setrvačnou či fiktivní. (*inertia force* or *fictitious force*). Podobně tak činí i další autoři, např. [3]. Tu zdánlivou setrvačnou sílu pociťuje, či může ji měřit, jen pozorovatel spojený s tramvají. Vnější pozorovatel o ní nic neví, pro něho je skutečně fiktivní.

A tak termín zdánlivá či fiktivní síla (někdy též pseudosíla) – pro pozorovatele žijícího v neinerciální soustavě – je trochu zavádějící, neboť on/ona ji cítí a může ji měřit.

Ke zmatení přispívá i nejednotná terminologie týkající se termínu setrvačná síla.

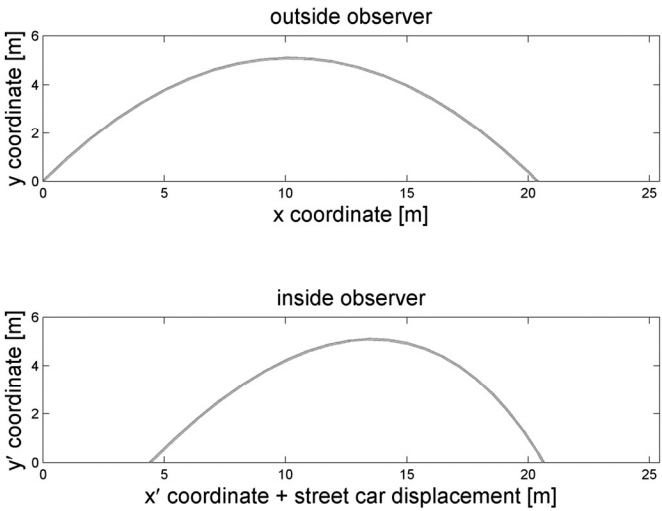
V učebnici [11] autor říká, že … *we shall, throughout the book, refer to the product (mass)× (acceleration) as an "inertial force"*. Tedy *ma*. Lanczos [2] či Juliš [3] pod pojmem setrvačná síla rozumějí sílu stejně velkou, ale opačně orientovanou, tedy $-ma$. Příklady nejednotného vyjadřování bychom mohli uvést mnohé.

Dvojí integrací pohybových rovnic, psaných pro částici v akcelerující tramvaji, dostaneme průběh složek rychlostí a popis trajektorie sledované částice.

$$v_{x'} = v_{x'0} + \frac{Ft}{m}\cos\alpha - at, \quad v_{y'} = v_{y'0} + \frac{Ft}{m}\sin\alpha - gt\,. \tag{4a}$$

$$x' = v_{x'0}t + \frac{Ft^2}{2m}\cos\alpha - \frac{1}{2}at^2, \quad y' = v_{y'0}t + \frac{Ft^2}{2m}\sin\alpha - \frac{1}{2}gt^2\,. \tag{4b}$$

V horní části obr. A3_2 jsou trajektorie částice, podle rov. (1b), vypálené na počátku sledovaného děje předepsanou počáteční rychlostí, a to z počátku souřadnicové soustavy. Tuto trajektorii uvidí a může zaznamenat vnější pozorovatel, sedící na zemi planety Země. Síla F je, a to pro srovnání se známými výsledky šikmého vrhu, položena rovna nule. Pozorovatel sedící v tramvaji uvidí trajektorii vypočtenou podle rov. (4b). Je ve spodní části obr. A3_2. V tomto případě jsou data ve směru osy x posunuta o vzdálenost, kterou tramvaj urazí za sledovaný časový úsek. A tak je zřejmé, že místo dopadu a čas, za který částice „dopadne", je v obou případech stejná. Jinak by tomu bylo v relativistické mechanice.



Obr. A3_2. Trajektorie šikmého vrhu částice v akcelerující tramvaji viděná vnějším a vnitřním pozorovatelem

Literatura

[1] JULINA, M., VENCLÍK, V., KOVÁŘ, J. *Mechanika III: Dynamika pro střední průmyslové školy strojnické.* Praha: SNTL, 1977.

[2] LANCZOS, C. *The Variational Principles of Mechanics.* New York: Dover Publications, 1970. ISBN 13-978-0-468-65067-8.

[3] JULIŠ, K., BREPTA, R. a kol. *Technický průvodce 66: Mechanika II: Dynamika.* Praha: SNTL, 1987.

[4] BEDNAŘÍK, M., ŠIROKÁ, M. *Fyzika pro gymnázia: Mechanika.* Praha: Prométheus, 2000. ISBN 80-7196-176-0.

[5] NACHTIKAL, F. Technická Fysika, Praha: Státní nakladatelství učebnic, 1951.

[6] NEWTON, I. *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica.* London: Jussu Societatis Regiae ac Typis Josephi Streater, 1686. Vydání je v latině.

[7] NEWTON, I. *The Mathematical Principles of Natural Philosophy.* Translated by Andrew Motte. London: Printed for Benjamin Motte, 1728.

[8] GUICCIARDINI, N. *Reading the Principia.* Cambridge: Cambridge University Press, 1999. ISBN 978-0-521-54403-0.

[9] ŠREJTR, J. *Technická mechanika III: Dynamika.* Praha: STNL, 1958.

[10] TEICH, M. *Královská česká společnost nauk a počátky vědeckého průzkumu přírody v Čechách.* Praha: ČSAV, 1959. Rozpravy Československé akademie věd, řada společenskovědní, roč. 69, sešit 4.

[11] WELLS, D. A. *Theory and Problems of Lagrangian Mechanics.* New York: Schaum Publishing Company, 1967.

[12] HÖSCHL, C. *Eseje o mechanice.* Liberec: Nakladatelství Bor, 2009. ISBN 978-7372-455-9.

Za profesorem Janem Vrbkou

Reflections upon the Work of Professor Jan Vrbka

Dne 22. května 2017 zemřel po těžké nemoci emeritní rektor VUT v Brně prof. RNDr. Ing. Jan Vrbka, DrSc., dr. h. c. Opustil nás člověk mimořádný jak po stránce odborné a organizační, tak morální a lidské. Jeho život a profesní dráha byly v kronice Bulletinu ČSM vícekrát připomenuty, dovolím si proto dát vedle základních faktů prostor osobnějším vzpomínkám nejbližších spolupracovníků.

Profesor Vrbka se narodil v Jevíčku dne 28. srpna 1942, kde prožil dětství a mládí a odkud po absolvování gymnázia přišel studovat strojní inženýrství na Vysokém učení technickém v Brně. Prvním působištěm Jana Vrbky po získání inženýrského diplomu bylo oddělení konstrukce a výpočtů spalovacích turbín První brněnské strojírny. I na toto relativně krátké pětileté období v pozdějších letech při našich posezeních rád vzpomínal.

Při zaměstnání vystudoval mladý inženýr Jan Vrbka ještě Přírodovědeckou fakultu dnešní Masarykovy univerzity, zahájil aspirantské studium a v roce 1969 přešel jako odborný asistent na tehdejší Katedru technické mechaniky, pružnosti a pevnosti Strojní fakulty VUT v Brně. Zde zahájil pod vedením tehdejšího šéfa profesora Farlíka svoje působení jako vysokoškolský učitel. Odborně se zaměřil na numerické řešení napěťových vln při rázovém zatěžování těles, později i na problematiku složených nádob pro extrémně vysoké tlaky. Během dlouhého pedagogického působení jako asistent, docent a posléze profesor vychoval několik generací studentů, kterým i přes svoji náročnost vždy imponoval férovým přístupem, otevřeností a celkovým životním optimismem, který byl nepřehlédnutelný.

Katedra, později Ústav mechaniky těles, zůstala mateřským pracovištěm profesora Vrbky do posledních dní. Ústavu věnoval téměř pět desetiletí svého života a práce a zásadním způsobem přispěl k formování jeho odborného i pedagogického profilu. Délka a šíře působení v ústavu má i jeden specifický důsledek – většinu jeho současných pracovníků můžeme zároveň vnímat jako žáky pana profesora.

Já sám mohu z dob studií vzpomenout na působení mladého asistenta Jana Vrbky z přednášek a cvičení pružnosti, která s námi vedl. Jedna z těch vzpomínek je i po letech ostrá a konkrétní – to když jsme se spolužáky dovedli řešení jednoho z ne úplně triviálních příkladů do slepé uličky. V časové tísni, na konci hodiny, tehdy náš cvičící rázně vstal, smazal tabuli a během chvíle, která zbývala, uvedl věc na pravou míru. Vzpomínám si, že už tehdy na mne zapůsobila přímost zvoleného postupu. Jednoduchá cesta k cíli namísto slibu, že se na věc podíváme příště, jak jsme často slýchali jinde. Až po letech jsem si uvědomil, že ta drobná příhoda ve zkratce možná nejlépe charakterizuje jednu z podstatných vlastností pana profesora, pro kterou jsme si ho vážili. Jan Vrbka byl člověkem, který měl kuráž. Osvědčoval ji ve všech životních situacích, od drobných příběhů všedního dne, jaký jsem zmínil, až po zásadní a závažná rozhodnutí. Byla to nepochybně právě tato vlastnost, která ho po roce 1989 dovedla postupně až k úspěšnému působení v nejvyšších řídících pozicích VUT v Brně. Hned v roce 1990 se stal ředitelem Ústavu mechaniky těles (1990–1994), poté děkanem Fakulty strojního inženýrství (1994–2000) a v letech 2000–2006 působil jako rektor Vysokého učení technického v Brně.

Jeho zásluhy o přetvoření naší fakulty a školy v moderní respektovanou technickou univerzitu jsou nepopiratelné. Kdybychom vybrali jen ty nejdůležitější, určitě je třeba zmínit vznik nové Fakulty informačních technologií a související rozvoj areálu školy a její infrastruktury, nebo vznik Technologického inkubátoru jako konkrétní příklad podpory spolupráce s průmyslem. Z aktivit přesahujících rámec VUT je na místě jmenovat zásadní podíl rektora Vrbky na vytvoření Brněnského centra evropských studií (BCES), v němž jsou sdruženy všechny brněnské univerzity. Stranou nemohou zůstat ani desítky zahraničních cest, úspěšně reprezentujících VUT, které vyústily v uzavření rámcových smluv a v aktivní spolupráci s renomovanými zahraničními univerzitami a nadnárodními korporacemi. Tyto aktivity byly oceněny členstvím v celé řadě vědeckých rad ústavů a univerzit,

v redakčních radách mezinárodních časopisů, v odborných společnostech a v neposlední řadě i dvěma čestnými doktoráty.

V tomto období však považujeme za stejně významnou i jinou stránku věci. Tou je skutečnost, že ani během působení ve vysokých řídících funkcích, které kladou enormní časové, psychické i fyzické nároky, neztratil profesor Vrbka kontakt se studenty, s mateřským pracovištěm a se svými kolegy. Stále přednášel pro menší skupiny magisterských studentů, vedl doktorandy a byl součástí života ústavu. Vícekrát se přitom vyjádřil, jak se těší, až bude moci odložit funkce a vrátit se naplno k pedagogické práci. Že to nebyla jen planá slova, pak prokázal v roce 2006, kdy se skutečně na plný úvazek vrátil k výuce základní pružnosti pro velké přednáškové skupiny bakalářského studia strojního inženýrství. Učinil tak na vlastní žádost, s nepředstíranou radostí a, jak často říkal, s jistým pocitem úlevy od povinností předchozích let. Byla to nepochybně spokojená léta pro nás všechny, kteří jsme mohli plně užívat jeho každodenní přítomnosti, nadhledu a noblesy, které byly přirozenou součástí jeho osobnosti. Součástí natolik přirozenou, že jsme snad i opomněli dostatečně vyjádřit svůj vděk.

Jane, chtěl bych Ti proto jménem kolegů poděkovat za vše. Za Tvé přátelství, za bohaté dávky životního optimismu, kterých se nám od Tebe za dlouhá léta dostávalo v míře vrchovaté.

Bude nám to všechno nyní chybět, tak jako nám chybí Tvoje přítomnost.

Děkujeme...

Jménem spolupracovníků a přátel

Jindřich Petruška

Vzpomínka na profesora W. B. Krätziga a profesora A. H. Nayfeha

In Memoriam: Professor W. B. Krätzig and Professor A. H. Nayfeh

V březnu letošního roku nás opustily dvě velké osobnosti světové dynamiky: profesor W. B. Krätzig a profesor A. H. Nayfeh. Světová věda tak utrpěla dvojnásobnou nenahraditelnou ztrátu, ze které se bude dlouho vzpamatovávat. Tato ztráta je o to větší, že oba byli nejen mimořádní odborníci, kteří do posledních chvil svého života přinášeli stále nové a nové poznatky a myšlenky, ale byli zároveň opravdu velcí lidé, kteří dokonale znali význam slova lidství, měli vroucí vztah k okolí a pochopení pro velké i malé problémy svých kolegů. Milovali řešení velkorysá a odmítali „myší“ perspektivu, za kterou se schovává velká část populace.

Oba zažili druhou světovou válku. Vlastním pozorováním a prostřednictvím rodinného okolí načerpali nenahraditelné poznatky a zkušenosti z tohoto těžkého období, které pozoruhodně aplikovali v celém svém dalším životě. Dokázali se v nebývalé míře oprostit od všech nacionalistických a dalších ideologických vlivů a předkládat mladším generacím vizi světa bez předsudků, který hodnotí pouze kvality člověka samého jakožto individuality. Je až symbolické, že oba byli téměř vrstevníky a zemřeli zhruba v témže věku a v tomtéž měsíci.

Oba pánové patřili ke generaci, která zná a dovede ocenit význam analytických či semianalytických postupů v dynamice, i když si je samozřejmě vědoma významu numerických, resp. počítačových metod, které zásadním způsobem ovlivnily přístup k formulaci problémů a jejich řešení. Sami byli jejich průkopníky a dokázali tak skvěle skloubit oba přístupy. Z této symbiózy vytěžili maximum. Ukázali, že síla analytických postupů rozšířená (nikoli nahrazená) úžasnými možnostmi výpočetní techniky stále je a patrně vždy bude nenahraditelná.

Připomeňme si, že oba byli častými návštěvníky naší země už i v dobách předrevolučních. Mnozí naši vědečtí pracovníci se s nimi stýkali a někteří z nich strávili určitou dobu na jejich pracovištích v Německu a v USA. Měl jsem tu čest oba pány znát osobně a mohu potvrdit všechno, v čem je pověst předcházela: skvělí odborníci, pedagogové a lidé horoucího srdce.

Při této smutné příležitosti se sluší krátce vzpomenout několika momentů z bohatého života těchto dvou mimořádných osobností.

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. e. h. mult. Wilfried B. Krätzig

Narozen 8. listopadu 1932, Hamburg; zemřel 7. března 2017, Witten.

W. B. Krätzig studoval v letech 1952 až 1957 stavební inženýrství na TH Hannover. Od r. 1962 pracoval jako asistent a později jako docent u prof. W. Zerny. Po habilitaci v letech 1969/70 byl hostujícím profesorem na univerzitě v Berkeley. V roce 1970 se vrátil do Německa, aby pomohl zakládat Ruhr University Bochum, kde se stal profesorem pro statiku a dynamiku konstrukcí na ústavu, který vedl prof. W. Zerna. Později se stal představitelem tohoto ústavu, kterým pod jeho vedením prošlo mnoho dalších osobností oboru statiky a dynamiky konstrukcí. V roce 1998 odešel do důchodu a stal se emeritním profesorem na RU Bochum.

Působil jako hostující profesor na univerzitách v Berkeley (1978), ve Florencii (1990) a na Chuang-Yuan Christian University v Chung-Li (1995). Byl dopisujícím členem Vědecké společnosti v Braunschweigu, která mu udělila v r. 1991 medaili Karla Friedricha Gausse. Vedle několika čestných doktorátů se stal v r. 1994 čestným doktorem univerzity v Drážďanech a v témže roce byl oceněn cenou Maxe Plancka. V r. 2003 mu byl udělen čestný diplom VDI (Vereins Deutscher Ingenieure). Stalo se tak v Münsteru z rukou spolkového prezidenta Johannese Raua.

Založil a dlouhá léta provozoval kancelář Ingenieurbüro Krätzig und Partner, která se zabývá problémy statiky a dynamiky speciálních konstrukcí v energetice.

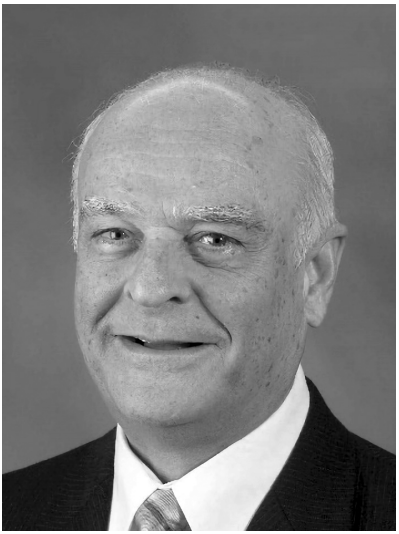
Profesor W. B. Krätzig věnoval svou vědeckou dráhu řadě oborů v mechanice. Nejvýznamněji však přispěl k rozvoji moderních teoretických základů teorie skořepin v oblasti statiky, dynamiky a stability. Tyto teoretické podklady rozpracoval do té míry, že byly bezprostředně použity pro počítačovou implementaci formou

konečných prvků. Ovlivnil rozvoj samotných numerických metod v souvislosti s rozmachem a zaváděním této metody. V Německu i jinde ve světě je pokládán za jednoho ze zakladatelů počítačové mechaniky. Nepřehlédnutelná je však jeho zásluha o rozvoj analytických a inženýrských metod řešení problémů dynamiky konstrukcí. O své vědecké práci uveřejnil 250 původních vědeckých prací a devět odborných knih. I když zastával významné akademické funkce, nikdy se nepřestal věnovat vědecké práci a výchově mladé generace.

Vedle rozsáhlých vědeckých zásluh bylo jedním z jeho největších počinů založení dnes již tradiční mezinárodní konference EURODYN a jejího zázemí, které zajišťuje European Association for Structural Dynamics (EASD). Konference se od r. 1990 koná každé tři roky (v r. 1999 proběhla v Praze). Dnes je počtem účastníků a vědeckou úrovní nejvýznamnější světovou událostí v dynamice.

Prof. Ali Hasan Nayfeh

Narozen 21. prosince 1933, Shuwaikah (Palestina); zemřel 27. března 2017.



Ali Hasan Nayfeh studoval v USA. Za tři a půl roku na Stanfordově univerzitě získal všechny tři akademické tituly: bachelor's degree in engineering science (1962), a master's degree (1963) a Ph.D. in aeronautics and astronautics (1964). Profesor Nayfeh potom strávil většinu života na Virginia Tech and State University, kam nastoupil v r. 1971 a o několik let později se stal jejím řádným profesorem (1976). V období 1980–1984 spolupracoval při založení Engineering College at Yarmouk University nedaleko Ammánu, hlavního města Jordánska. Zároveň zde působil jako děkan fakulty a viceprezident univerzity pro odborné záležitosti.

Odborná dráha tohoto vědce vedla převážně různými oblastmi nelineární dynamiky. Každý, kdo se touto disciplínou zabývá, se denně setkává s jeho jménem. Stál u vzniku řady směrů, které jsou dodnes následovány. Jmenujme na příklad: asymptotické metody, teorii perturbace a její využití v nelineární dynamice, nelineární normální mody, teorii chaosu a mnoho dalších.

Během 37 let svého působení na Virginia Tech vychoval 69 doktorandů, napsal deset odborných knih, z nichž některé jsou přeloženy do ruštiny, čínštiny a dalších jazyků. Publikoval více než 400 článků ve světových časopisech. Prezentoval více než 530 přednášek na národních a mezinárodních konferencích. On sám je zakladatelem dvou významných světových časopisů: Nonlinear Dynamics (Springer) a Journal of Vibration and Control (SAGE). Mnoho let byl editorem řady Nonlinear Science Book Series, publikované nakladatelstvím J. Wiley-Interscience.

Ali Nayfeh byl nositelem řady významných ocenění. Patrně nejcennější je medaile Benjamina Franklina (2014), jejímiž laureáty byly takové osobnosti jako Albert Einstein, Thomas Edison, Orville Wright, Marie a Pierre Curie či Jane Goodall. Z řady dalších ocenění jmenujme Kuwait Prize in Basic Sciences (1981), Pendray Aerospace Literature Award AIAA (1995), J. P. Den Hartog Award ASME (1996), Frank J. Maher Award for Excellence in Engineering Education (1997). Dále potom medaile A. Lyapunova ASME (2004), Virginia's Life Achievement Award in Science (2005). V dalších letech následovaly: Academy Gold Medal of Honor od Academy of Transdisciplinary Learning and Advanced Studies (2008) a v témže roce Tom Caughey Award ASME. Ali Nayfeh byl nositelem tří čestných doktorátů, jež mu udělily Politechnika Szczecinska, TU München a TU St. Petersburg.

Byl organizátorem mnoha konferencí, jako např. dvanácti konferencí o nelineárním kmitání (Conference on Nonlinear Vibrations, Stability, and Dynamics of Structures). Založil několik dalších sérií konferencí o problémech nelineární dynamiky, které se staly referenčním místem setkávání odborníků z USA a dalších zemí.

Podobně jako jiní velikáni se neuzavíral jen do sebe. O své bohaté myšlenky se vždy dělil se svým okolím, což je zřetelné i z prací, které jsme mohli po léta sledovat ve světových časopisech a konferenčních sbornících. Ve svém okolí byl znám tím, že se vždy snažil pomáhat mladším kolegům v řešení nejen odborných, ale i lidských problémů.

Ing. Jiří Náprstek, DrSc.,
Ústav teoretické
a aplikované mechaniky

Odborná skupina Mechanika kompozitních materiálů a konstrukcí
České společnosti pro mechaniku
s podporou firmy Latecoere Czech Republic, s. r. o.
a Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i.
Vás zvou na seminář

Vliv prostředí na vlastnosti kompozitních materiálů a konstrukcí

který se koná ve středu 22. 11. 2017 od 10:00 hod. v Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i., Prosecká 809/76, 190 00 Praha 9

Program semináře:

Dopolední blok 10:00–12:25

Hodnocení vlivu dlouhodobého stárnutí na vlastnosti kompozitních materiálů a konstrukcí

(Ing. Jiří Minster, DrSc., UTAM AV ČR, Praha)

Základní přehled vlivů a degradačních mechanizmů na vlastnosti kompozitních materiálů. Přehled změn vybraných vlastností.

Vliv vlhkosti na vlastnosti polymerních kompozitů a matric

(Ing. Zdenka Jeníková, Ph.D., ČVUT, Fakulta strojní, Praha)

Zavedení pojmů charakterizujících působení vlhkosti, Fickův zákon, měření přírůstku obsahu vlhkosti v matricích a v kompozitu s aramidovými vlákny.

Vlivy prostředí na kompozitní materiál a konstrukce v letectví

(Ing. Petr Homola, Ph.D., VZLÚ Praha)

Stručný přehled vlivu vlhkosti, paliva, hydraulické kapaliny a UV záření na kompozity z hlediska požadavků výrobců letadel. Porovnání chování materiálů v závislosti na různých expozičních parametrech.

Přestávka s občerstvením 12:25–13:30

Odpolední blok 13:30–15:30

Účinky chemického prostředí a klimatického působení na vlastnosti kompozitu

(Ing. Milan Žaludek, Ph.D., Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická, Zlín)

Zkoušky vlivu chemikálií a klimatu na vlastnosti kompozitu typu sklo/polyester.

Změny pevnosti a tuhosti polymerního kompozitu v závislosti na teplotě, vlhkosti a prostředí

(Ing. Martin Kadlec, Ph.D., VZLÚ Praha)

Analýza vlivů extrémní teploty a vlhkosti na rozhraní vlákna a matrice kompozitu. Důsledky těchto vlivů na mechanické vlastnosti kompozitu a charakter lomových ploch.

Vstup na seminář je zdarma. V průběhu semináře je zajištěno občerstvení.

Protože kapacita sálu je omezena, pořadatel si vyhrazuje právo omezit počet účastníků. Prosíme Vás proto o včasnou registraci zájmu na adrese: jaroslavpadovec@seznam.cz

Možná účast bude bezprostředně potvrzena.