

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU



Gravitační vlny
ve zkratce

Anizotropní
magnetické
kapaliny pro praxi

Funkcionální analýza
a kvantová teorie

**100 let od úmrtí
Ernsta Macha:**

Mach jako fyzik,
pedagog, reformátor,
technik a filozof



AŽ PĚT výtisků každého čísla ČČF za jediné předplatné!

Pro gymnázia a jiné střední školy z České i Slovenské republiky jsme připravili speciální akci. Objednáním jednoho tištěného (či kombinovaného) předplatného ČČF získáte pro učitele fyziky (a příbuzných oborů) i fyzikálně nadané studenty vaší školy až pět výtisků každého čísla. Akce platí od čísla ČČF 3/2016 do konce příštího roku.

Objednejte si předplatné přes objednávkový formulář na <http://ccf.fzu.cz>, do poznámky napište „akce SŠ“ a celá jména učitelů fyziky a studentů vaší školy, pro něž budete chtít výtisky. Po zaplacení předplatného bude škole poslán požadovaný počet.

Akce se týká stávajících i nových předplatitelů ČČF. Stávající předplatitele prosíme, aby (mají-li předplatné na letošní rok zaplacené) poslali jména odběratelů z jejich školy do redakce na e-mail cscasfyz@fzu.cz a do předmětu zprávy uvedli „akce SŠ“. (Československý časopis pro fyziku vychází šestkrát ročně, každý sudý měsíc.)

Předplatné:

- ◆ Do konce roku 2016: tištěná verze 304 Kč; kombinovaná verze (tištěná + elektronická na webu) 398 Kč,
- ◆ Na celý rok 2017: tištěná verze 456 Kč; kombinovaná verze 550 Kč; (na rok 2017 se platí v lednu).

Na případné dotazy rádi odpovíme na e-mailu cscasfyz@fzu.cz či tel. +420 266 052 152.

Abstracts of review articles

Natália Tomaševičová: Anisotropic magnetic fluids

Abstract: Nowadays, the major technical application of liquid crystals is their widespread use in liquid crystal displays. However, even though flat screens have drawn these materials to the public attentions they are much more than just flat screens. Academic liquid crystal science has shown a clear trend of moving away from display research during the last few years. Currently, scientists focus on different topics such as for instance new possible uses in optics, nano-/micro-manipulation, novel composites and biotechnology. This article demonstrates such a development of composite systems containing magnetic nanoparticles in liquid crystalline matrices.

Jan Hamhalter, Martin Bohata:

Symbiosis of quantum theory and functional analysis.

Abstract: Here we present some interesting aspects of interplay between quantum theory and functional analysis. We show that some of the deepest problems in both disciplines are unexpectedly equivalent. Starting from a historical point of view we comment on the following topics: connection between the structure of von Neumann algebras and the structure of quantum theories, construction of quantum integral and logic of quantum systems, Bell inequalities in light of Grothendieck inequality and operator space theory. Finally, we discuss bohrification and topos approach to quantum theory.

Jana Musilová: Ernst Mach Brno-Days 2016

Abstract: On 19th February 2016 exactly 100 years passed since the death of Ernst Mach, the great physicist and philosopher of the 19th and 20th centuries, a native of Brno-Chrlice. On the occasion of this anniversary, Masaryk University and other institutions organised Ernst Mach Brno-Days 2016 with the conference “Ernst Mach: Physics – Philosophy – Technics” and other events. The presented brief report informs about these events.

Jiří Bičák: Mach, relativity and cosmology

Abstract: We first recall the main features of Mach's radical attitude to the “philosophy of science”, illustrated best by his criticism of ab-

solute space and time, and discuss the impact of Mach's ideas on the birth of special and general relativity. The experiment to demonstrate “Machian effects” of dragging of inertial frames by a rotating body (carried out by four gyroscopes placed in an orbit around the Earth) was conceived in 1959 but only in 2014 was the satellite launched. The last results from the experiment were finally summarised at the end of 2015: they confirm the dragging as predicted by general relativity with an accuracy of 19%. We show that a rotating black hole can even drag magnetic field lines and indicate possible astrophysical meaning of processes of this type. In the concluding parts, our investigation of dragging effects by gravitational waves and the study of Mach's principle in the context of cosmology, obtained in collaboration with Donald Lynden-Bell (Cambridge) and Joseph Katz (Jerusalem), are briefly reviewed.

Emilie Těšínská, Ivan Landa, Jiří Drahoš:

Ernst Mach – educator and technician

Abstract: This paper focuses on Ernst Mach's contributions to teaching on the one side and technology-oriented research on the other side. The first part sums up Mach's views concerning the role of natural sciences and humanities within the curriculum and, in particular, culture in general. The second part deals with Mach's contribution to applied sciences and technology, mentioning some of his most original inventions in that field.

Friedrich Stadler:

Only a philosophical “holiday sportsman”? – Ernst Mach as a scientist transgressing the disciplinary boundaries

Abstract: Ernst Mach was already an internationally recognised experimental physicist, when he, after professorships for Mathematics and Physics in Graz and Experimental Physics in Prague, took over the chair for “Philosophy, particularly for the History and Theory of the Inductive Sciences”, at the University of Vienna in 1895. This turn from natural sciences to philosophy was really an exception in the academic field. Although he was not a specialist in philosophy his ideas exhibited a remarkable influence. Here is the first part of the author's text, the second, closing part (Mach and Philosophy) will be published in the next issue of this Journal.

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU

3/2016

Založen roku 1872 jako
„Časopis pro pěstování matematiky a fysiky“
Vydává Fyzikální ústav Akademie věd
České republiky, v. v. i.
Vychází 6 čísel ročně,
uzávěrka tohoto čísla: červen 2016

Founded in 1872 as „Časopis pro pěstování
matematiky a fysiky“ "The Journal for
Cultivation of Mathematics and Physics"
Published bimonthly in Czech and Slovak by
Institute of Physics, v. v. i.
Academy of Sciences of the Czech Republic

Vedoucí redaktor – Editor-in-Chief:
Libor Juha

Oboroví redaktoři – Associate Editors:
Pavel Cejnar, Michal Fárník, Jiří Limpouch,
Peter Lukáč, Jan Mlynář, Karel Rohlena,
Patrik Španěl, Jan Valenta, Vladimír Wagner

Redakční rada – Editorial Board:
Ivo Čáp, Pavel Demo, Antonín Fejfar, Ivan Gregora,
Eva Klimešová, Jan Kříž, Petr Kulhánek,
Štefan Lányi, Jana Musilová, Martin Orendáč,
Fedor Šimkovic, Aleš Trojánek

**Sekretariát redakce –
Editorial Office Administration:**
Marek Šípek, Jana Tahalová
Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.
Na Slovance 2, 182 21 Praha 8
tel.: 266 052 152, fax: 286 890 527
e-mail: cscasfyz@fzu.cz, http://ccf.fzu.cz

Jazyková úprava:
Stanislava Burešová, Lýdia Murtinová

Technický redaktor, grafik a výroba:
© Jiří Kolář

WWW stránky: Matěj Bulvas

Tisk: Grafotechna Print, s. r. o.

Cena jednoho výtisku je 85 Kč
při odběru v prodejnách nebo v redakci.
Objednávky a prodej jednotlivých čísel
v ČR vyřizuje redakce.

Na Slovensku časopis rozšiřuje
Jednota slovenských matematikov a fyzikov,
pobočka v Žiline, Ul. 1. mája 32, 010 01 Žilina,
e-mail: ivo.cap@fel.uniza.sk

Distribution rights in foreign countries:
Kubon & Sagner, PO Box 240108,
D-8000 München 34

Časopis je od 31. 1. 2014 zařazen na
Seznam recenzovaných neimpaktovaných
periodik vydávaných v ČR.
Registrace: MK ČR E 3103,
ISSN 0009-0700 (Print),
ISSN 1804-8536 (Online).
Copyright © 2016
Institute of Physics of the ASCR, v. v. i.



Editorial



Vážení čtenáři,

prvním příspěvkem tohoto čísla se vracíme k problematice gravitačních vln, jejichž detekci na interferometrických zařízeních Advanced LIGO nám v minulém čísle přiblížily aktuality sepsané oborově příslušnými pracovníky MFF UK a FZÚ AV ČR. Ve zkratce nám gravitační vlny představí na poněkud fundamentálnější a obecnější úrovni profesor Jan Novotný, jež výuce a zkoumání obecné teorie relativity a jejich kosmologických implikací zasvětil dlouhé roky svého působení na Masarykově univerzitě v Brně.

Anizotropním magnetickým kapalinám je věnován příspěvek otevírající rubriku referátů. Ačkoliv od objevu kapalných krystalů uplynulo již téměř sto třicet let, přináší stále nové aplikační možnosti a přispívají i k řešení fundamentálních fyzikálních otázek. Přestože druhý referát se pohybuje v abstraktních výšinách, kde se funkcionální analýza setkává s kvantovou teorií, i tam situovaný výzkum může poskytnout prakticky využitelné výsledky, především v oboru kvantových počítačů a kódování.

Jádro tohoto čísla tvoří blok machovských příspěvků motivovaných stým výročí úmrtí Ernsta Macha (ve starší české literatuře uváděného jako Arnošta; němčina byla jeho mateřštinou, češtinu ovšem ovládal také velmi dobře), patrně nejproslulejšího fyzika, který se na našem území narodil a podstatnou část své kariéry zde i působil. Blok začíná zprávou Jany Musilové o průběhu Brněnských dnů Ernsta Macha 2016.

Následují příspěvky založené na přednáškách proslovených na této akci. V první z nich se Jiří Bičák zaměřil na ten segment Machovy badatelské činnosti, díky němuž je pokládán za předchůdce a inspirátora Alberta Einsteina a jeho revolučního relativistického díla. Následující příspěvek, sepsaný Emilií Těšínskou, Ivanem Landou a Jiřím Drahošem, nám Macha představí jako učitele, teoretika a organizátora vyučování a též jako technika.

Ernst Mach se ovšem proslavil nejen jako fyzik, ale i jako filozof, byť sám se za filozofa nepovažoval, jak nám ve svém příspěvku vysvětluje Friedrich Stadler, vídeňský filozof, historik a metodolog vědy. Je smutné, že Machova filozofie je dnes širším vzdělaněckým vrstvám známá spíše z její pochybné reflexe načrtnuté ruským politikem Vladimírem Iljičem Uljanovem, řečeným Lenin (1870–1925), v knize „Materialismus a empiriokriticismus“ (1909) než z Machových spisů samotných. Výstižnou charakteristiku tohoto úkazu podal český filozof exaktních věd Karel Vorovka (1879–1929) v závěru svého stěžejního díla *Americká filosofie* (Sfinx, Praha 1929, s. 434): „Lenin sám nerozuměl filosofii a přece se opovážil psát proti naturalistickým filosofům Avenariově a Machově, jakoby to byly výlupky reakcionářství. Nadávkami a sprostými výrazy zahrnul muže, kteří sami statečně čelili politickému konservatismu.“

V rubrice „Dokument“ reprodukuje článek filozofky přírodních věd Albíny Dratvové otištěný v roce 1938 v *České mysli* u příležitosti stého výročí Machova narození.

Mládeži je věnována úloha „Extremální princip“ z teoretické části 46. MFO; mimo jiné nám umožní zamyslet se nad rolí a potřebností vysokoškolské matematiky v soutěžních úlohách fyzikálních olympiád. Dále přinášíme zprávy z několika akcí konaných pro středoškolské studenty se zájmem o fyziku a její využití v technice.

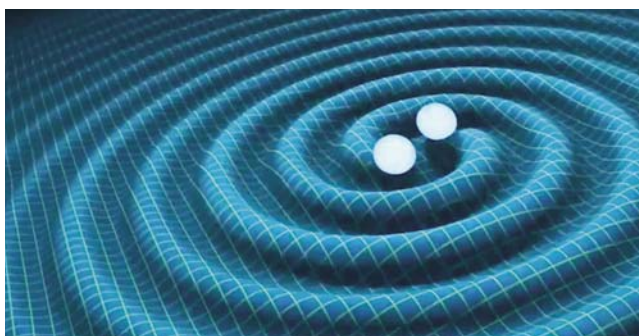
Toto číslo časopisu obsahuje hned dva texty připomínající životní jubilea našich významných fyziků. Výzkumem elementárních částic se zabýval Antonín Prokeš, který se dožívá osmdesáti pěti let. Příspěvek k této příležitosti sepsal Jan Hladký. Na osmdesátiny Jiřího Kormrsky, odborníka na rentgenovou a elektronovou difrakci a fourierovskou optiku, upozornil Miroslav Liška. Redakce a vydavatel časopisu se připojují ke gratulantům s přáním zdraví, štěstí a mnoha dalších let.

Libor Juha
vedoucí redaktor

Obsah

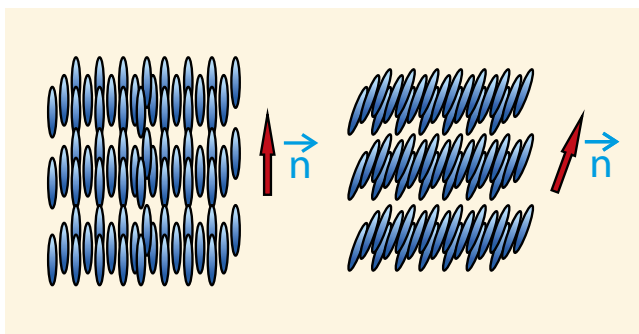
VE ZKRATCE

- Gravitační vlny:
historie, současnost, perspektivy** 144
Jan Novotný



REFERÁTY

- Anizotropné
magnetické kvapaliny** 149
Natália Tomašovičová



REFERÁTY

- Symbióza kvantové teorie
a funkcionální analýzy** 153
Martin Bohata, Jan Hamhalter



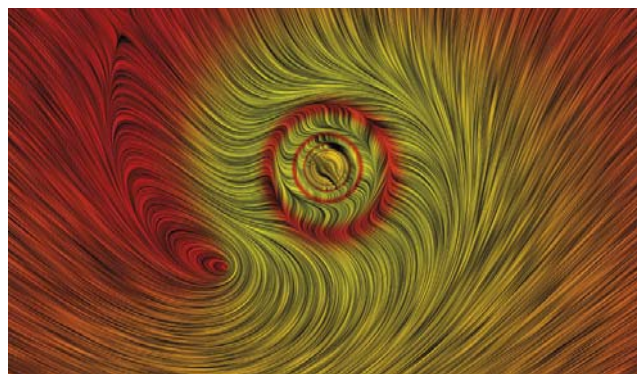
DNY ERNSTA MACHA

- Brněnské dny
Ernsta Macha 2016** 157
Jana Musilová



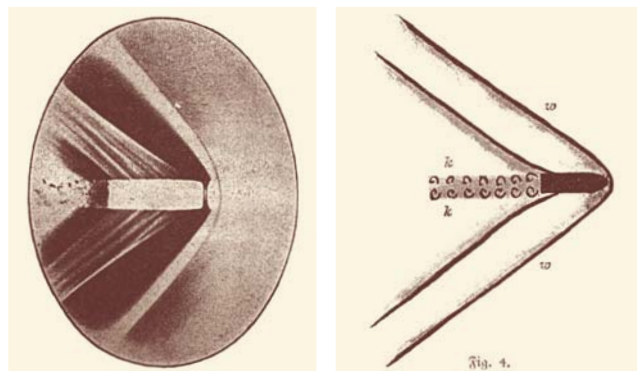
DNY ERNSTA MACHA

- Mach, relativita a kosmologie** 161
Jiří Bičák



DNY ERNSTA MACHA

- Ernst Mach – pedagog a technik** 167
Emilie Těšínská, Ivan Landa a Jiří Drahoš



Obrázek na obálce: Kvantový procesor D-Wave 2X. Více na str. 153–156.
Menší vložený obrázek: Ernst Mach (1838–1916) Více na str. 157–190.

DNY ERNSTA MACHA

Ve filozofii jen „sváteční střelec“? 175

Přírodovědec Ernst Mach jako oborově
přeshraniční pendler

Friedrich Stadler



HISTORIE FYZIKY – DOKUMENT

Odkaz Arnošta Macha 181

Ke dni 18. února 1938, stému výročí
jeho narození

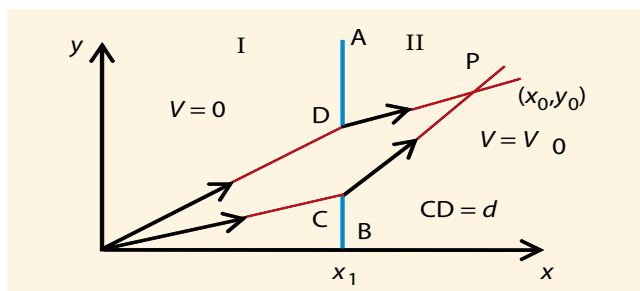
Albína Dratková



MLÁDEŽ A FYZIKA

Úloha mezinárodní fyzikální olympiády využívající extrémální princip 191

Jan Kříž, Filip Studnička, Lubomír Konrád,
Bohumil Vybíral



ZPRÁVY

85 let Antonína Prokeše 196

Jan Hladký



ZPRÁVY

Jiřímu Komrskovi je 80 let 199

Miroslav Liška

Fyziklání online 2015 202

Ladislav Nagy, Karel Kolář



ZPRÁVY

10. ročník FYKOSího Fyziklání pohledem účastnice 204

Kateřina Stodolová

Týden s aplikovanou fyzikou 2015 v CERN a ESRF 205

Daniel Pitoňák, Karel Kolář



Gravitační vlny: historie, současnost, perspektivy

Jan Novotný

Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity, Poříčí 945/9, 603 00 Brno; novotny@physics.muni.cz

Kdyby na začátku třetího tisíciletí proběhla mezi fyziky anketa o tom, kterého objevu by se v něm rádi dožili, jedna z nejčastějších odpovědí by jistě byla: zaznamenání průchodu gravitační vlny. To se stalo 14. září 2015 a bylo oznámeno a publikováno 11. února 2016 [1]. Pamětníci si vzpomenou, jak jsme se z ohlášeného objevu gravitačních vln po nějakou dobu těšili od roku 1969. Můžeme si nyní být opravdu jisti? Gravitační vlna znamená deformaci prostoročasové geometrie, kterou přímo pozorovat neumíme, víme jen, že asi 3 300 kilometrů od sebe vzdálené detektory zaznamenaly s časovým rozdílem 7 milisekund velmi dokonale korelované vzplanutí interferenčního jevu, způsobené nepochybně malými posunutími zrcadel. Už ze samotného jevu je zřejmé, že je prakticky nemožné jej připsat náhodě či pozemským příčinám. Znamená to však, že jediným původcem může být gravitační vlna? Toto přesvědčení je nesmírně posíleno tím, že objevitelé jsou schopni stanovit zdroj – vlnu vyslala těsně před svým splynutím dvojice černých děr o hmotnostech 29 a 36 hmotností Slunce, přičemž přesnost odhadu činí ± 4 hmotnosti Slunce. Lze také, i když už méně přesně, předpovědět, ve kterém směru na obloze a v jaké vzdálenosti se děj odehrál. Široká důvěra v tato data může zarazit, zvláště srovnáme-li to s postojem odborníků i médií k jinému nedávno oznámenému velkému objevu – deváté planetě. Všeobecně se prosadil názor, že nápořky, které skýtají nepravděpodobně sladěné hodnoty parametrů jiných, menších těles, jež by mohly mít původ v působení planety, nestačí a nepostačí ani zvýšení jejich počtu – co se týče samotné planety, držíme se skeptické zásady: dokud neuvidíme, neuvěříme. V čem je rozdíl? Možná čtenáři pomůže utvořit si o tom úsudek následující procházka historií objevu a vyhlídkami, které přináší.

Na počátku byl Einstein

Je tomu už skoro sto let. Po nalezení definitivní formy gravitačních rovnic (1915) a uveřejnění rozsáhlé práce o základech obecné teorie relativity v následujícím roce Albert Einstein ihned přikročil k aproximativnímu řešení svých rovnic [2]. Jeho práce se rozvíjí od prosté formule

$$g_{ik} = \eta_{ik} + h_{ik},$$

v níž h_{ik} představují opravy k metrice Minkowského prostoročasu. Einsteinovy rovnice po omezení se na členy nejvyššího řádu dávají souvislost mezi opravou k metrice a tenzorem energie – hybnosti hmoty ($\kappa = 8\pi G/c^2$ je Einsteinova gravitační konstanta)

$$\square h_{ik} = 2\kappa T_{ik}$$

a ve vakuu přímo vlnovou rovnici

$$\square h_{ik} = 0.$$

D'Alembertův operátor působí na opravu k metrice stejně jako v Maxwellově teorii na elektromagnetický čtyřpotenciál a mnohé postupy a výsledky elektrodynamiky lze tak přenést do teorie gravitace – zejména lze mluvit o gravitačních vlnách, které se ve vakuu šíří mezní rychlostí c (rychlost světla ve vakuu).

Einsteina dále zajímají dvě otázky: jak bude vypadat rovinná vlna, v níž se každý rozruch promění ve velké vzdálenosti od zdroje, a k jaké ztrátě energie zdroje povede vyzařování vln. V obou případech dospívá k základním výsledkům, které ještě opraví a rozšíří roku 1918 [3]. Tyto výsledky, podstatné pro možnost experimentálního ověření, dodnes tvoří základ každé-

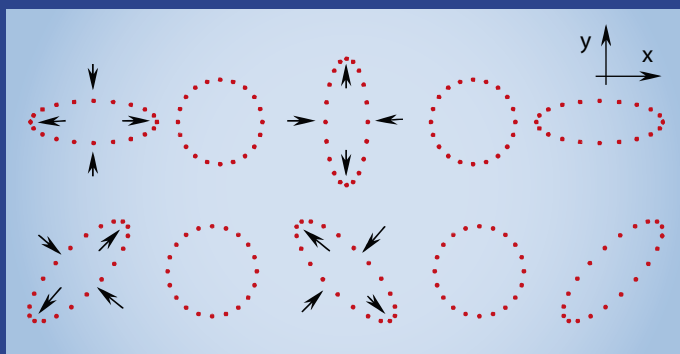
ho učebnicového výkladu – zvláště lze doporučit jasné a hutné zpracování Landaua a Lifšice [4].

U rovinné vlny je možné využít volnosti, kterou dává obecná teorie relativity pro volbu souřadnicové soustavy. Ukazuje se tak, že oprava v metrice může být reprezentována jako příčná vlna, která je v rovině kolmé na směr šíření vyjádřena symetrickým tenzorem s nulovou stopou, takže příslušná matice může být zapsána jako součet dvou polarizací

$$h = ae_+ + be_-,$$

kde

$$e_+ = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}; e_- = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}.$$



Obr. 1 Vliv procházející gravitační vlny na kroužek volně padajících testovacích částic. Horní, resp. dolní část obrázku ukazuje vliv polarizačních módů „plus“, resp. „křížek“.

Anizotropné magnetické kvapaliny

Natália Tomašovičová

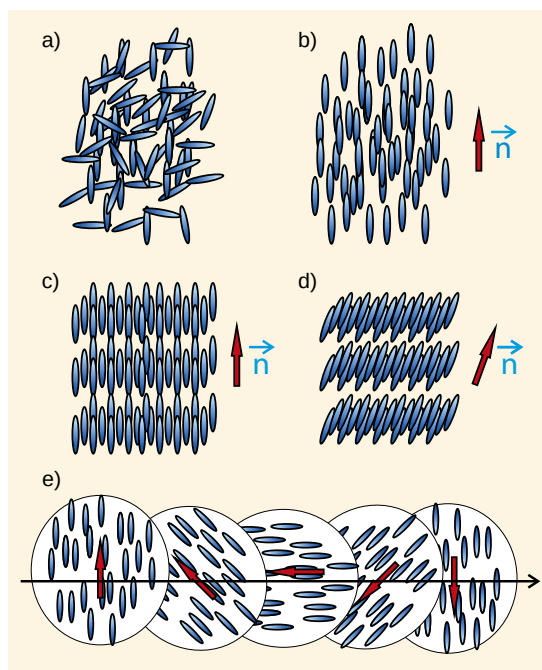
Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied, Watsonova 47, 040 01 Košice, Slovensko; nhudak@saske.sk

Hoci najznámejšou technickou aplikáciou kvapalných kryštálov v dnešnej dobe sú kvapalno-kryštalické monitory, kvapalné kryštály sú viac než len ploché obrazovky, aj keď vďaka nim sa dostali do povedomia verejnosti. Výskum v oblasti kvapalných kryštálov však nabral nový smer. Svetový výskum sa odvracia od displejov a zameriava sa na nové možnosti ich využitia, a to na štúdium kompozitných systémov na báze kvapalných kryštálov nielen pre ich technické aplikácie, ale aj na ich využitie v biotechnológiách.

Začiatky štúdia kvapalných kryštálov sa spájajú s rokom 1888, kedy rakúsky botanik Friedrich Reinitzer [1] pozoroval látku nazývanú cholesterolbenzoát a zistil, že má dva body topenia. Prvý pri teplote $145,5^{\circ}\text{C}$, kedy sa mení na mútnu kvapalinu a druhý pri teplote $178,5^{\circ}\text{C}$, kedy dochádza k jeho zmene na číru kvapalinu. Fáza, ktorá sa vyskytuje medzi týmito dvoma teplotami bola neskôr nazvaná kvapalno-kryštalická fáza alebo tiež mezofáza. Táto fáza je termodynamicky stabilná, je pre ňu charakteristické usporiadanie molekúl na veľkú vzdialenosť, čoho dôsledkom je anizotropia jej vlastností.

Kvapalné kryštály môžeme rozdeliť do dvoch základných skupín – lyotropné a termotropné. Lyotropné pozostávajú z dvoch alebo viacerých zložiek. Tvoria ich amfifilné molekuly a rozpúšťadlo. Kvapalno-kryštalická fáza vzniká pri istých koncentráciách a teplotách. U termotropných kvapalných kryštálov dochádza k vzniku kvapalno-kryštalickej fázy len v dôsledku zmeny teploty. Mezofáza je formovaná molekulami, ktoré majú anizotropný tvar. Najbežnejšie sú kalamitické kvapalné kryštály, ktoré majú tyčinkovitý tvar molekúl. Existujú však aj iné, exotické tvary molekúl, ako napríklad diskovité alebo banánovité kvapalné kryštály. Avšak v praktických aplikáciách sa zatiaľ najviac využívajú tyčinkové kvapalné kryštály.

Kvapalné kryštály sa vyznačujú polymorfizmom, čo znamená, že môžu vykazovať jednu alebo viac mezofáz. Klasifikáciu a terminológiu týchto fáz zaviedol na základe pozorovaní kvapalných kryštálov pomocou polarizačného mikroskopu Friedel, ktorý definoval tri základné fázy: nematickú, smektickú a cholesterickú. Obr. 1 schematicky znázorňuje usporiadanie molekúl v jednotlivých fázach. Nematická fáza je charakterizovaná orientačným usporiadaním na dlhú vzdialenosť, kde dlhé osi molekúl majú tendenciu sa usporiadať pozdĺž preferovaného smeru, ktorý je charakterizovaný jednotkovým vektorom $\vec{n}$ nazývaným direktor. V smektickej fáze sú molekuly zorientované do jedného smeru ako v nematiku, naviac sú však usporiadané do rovín. Vo všeobecnosti sa označuje podľa orientácie



Obr. 1 Usporiadanie molekúl kvapalného kryštálu: a) v izotropnej fáze, b) v nematickej fáze, c) v smektickej A fáze, d) v smektickej C fáze a e) v cholesterickej fáze.

cie molekúl ešte delenie smektickej fázy na A a C, kde pod smektickou A fázou rozumieme to, že molekuly sú na roviny vrstiev kolmé. Ak s rovinami zvierajú určitý uhol, hovoríme o smektickej C fáze. Cholesterická fáza je tvorená nematickými molekulami, ktoré sú nakladané na seba vo veľmi tenkých vrstvách. Direktori týchto vrstiev sú navzájom pootočení, čím vytvárajú spojený špirálovitý vzor okolo osi kolmej na vrstvy.

Anizotropia vlastností kvapalných kryštálov je vlastnosť, ktorá nebola pozorovaná u žiadnej inej kvapaliny. Vďaka tejto anizotropii, sa kvapalné kryštály správajú odlišne v porovnaní s ostatnými kvapalinami ak na ne pôsobíme mechanicky alebo aplikujeme elektromagnetické pole.

Symbióza kvantové teorie a funkcionální analýzy

Martin Bohata, Jan Hamhalter

Katedra matematiky, Fakulta elektrotechnická, České vysoké učení technické v Praze, Technická 2, 166 27 Praha 6

Úvod

Již od nepaměti je fyzika pro matematiku neocenitelnou studnicí inspirace. Naopak z pohledu fyziky lze matematiku bez nadsázky chápat jako mocný a efektivní jazyk, kterým k nám promlouvá příroda. Funkcionální analýza se pro fyziku stala důležitou součástí tohoto jazyka zejména s příchodem kvantové teorie.

První zárodky funkcionální analýzy vznikaly již při studiu diferenciálních a integrálních rovnic, jež bylo často motivováno právě fyzikou. Kvantová teorie přispěla k dalšímu prudkému rozvoji či dokonce vzniku mnoha oblastí funkcionální analýzy. Jednalo se například o spektrální teorii operátorů a teorii operátorových algeber. Aparát teorie operátorových algeber posléze umožnil jednotný pohled na dva zdánlivě neslučitelné světy, jakými jsou klasická a kvantová fyzika.

Inspirace kvantováním vedla k řadě nových, „nekomutativních“ partií matematiky. Základní myšlenku přechodu od „klasické“ matematiky ke „kvantové“ verzi lze popsat jako záměnu svazu podmnožin dané množiny za svaz podprostorů Hilbertova prostoru a nahrazení komplexních funkcí za operátory na příslušném Hilbertově prostoru. Tímto způsobem dostaneme kvantovou logiku, nekomutativní topologii, nekomutativní teorii míry, nekomutativní teorii pravděpodobnosti, nekomutativní geometrii, kvantové grupy a teorii operátorových prostorů.

Není možné v jediném článku podat vyčerpávající seznam situací, ve kterých se kvantová teorie a funkcionální analýza významně ovlivňovaly. V dalším textu se proto zaměříme pouze na některé z nich.

Počátky symbiózy

Základní koncepty funkcionální analýzy a matematického formalismu kvantové teorie vznikaly v prvních dekádách minulého století. Zrod kvantové fyziky byl dán snahou o vysvětlení různých experimentů. Empirické zákony rozložení spektrálních čar v atomu vodíku vedly Heisenberga k nahrazení „klasické“ fyziky fyzikou „maticovou“. Základní veličiny poloha a impulz by v tomto formalismu měly být popsány samoadjungovanými maticemi Q a P splňujícími kanonické komutační relace:

$$QP - PQ = i \frac{h}{2\pi} \mathbf{1},$$

kde h je Planckova konstanta a $\mathbf{1}$ je jednotková matice. Problémem je, že takové matice Q a P neexistují. Ukázalo se však, že je možné realizovat Q a P jako (neome-



Werner Heisenberg (1901–1976), Nobelova cena za fyziku 1932.

zené) operátory v nekonečně rozměrném Hilbertově prostoru. Tím se kvantová teorie spojila se spektrální teorií operátorů.

Na matematické straně vedly snahy Hilberta popsat řešení integrálních a diferenciálních rovnic k prototypu nekonečně dimenzionálního prostoru, který přirozeně abstrahuje eukleidovský prostor. Struktura Hilbertova prostoru pak sehrála zásadní roli jak ve funkcionální analýze, tak i v kvantové teorii. Zájem Hilberta o základy kvantové teorie podnítil jeho tehdejšího asistenta von Neumanna k vytvoření prvního matematicky rigorózního aparátu kvantové teorie. Tento formalismus mimo jiné sjednotil Heisenbergův přístup se Schrodingerovým a používá se dodnes. Fyzikální veličina je zde popsána samoadjungovaným operátorem na Hilbertově prostoru a stav kvantového systému je dán pozitivní normovanou lineární formou na algebře operátorů.

Murray a von Neumann publikovali ve třicátých letech sérii článků, ve kterých položili základy *teorie von Neumannových algeber*. Von Neumannovu algebru můžeme definovat jako algebru omezených operátorů na Hilbertově prostoru, která je uzavřená vůči adjungaci a (bodově) invariantní vůči transformacím daným jistou grupou unitárních operátorů. Jednoduchým příkladem von Neumannovy algebry je maticová algebra a algebra všech operátorů $B(H)$ působících na daném

Brněnské dny Ernsta Macha 2016



Jana Musilová

Ústav teoretické fyziky a astrofyziky, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, Kotlářská 2, 611 37 Brno; janam@physics.muni.cz

Devatenáctého února 2016 uplynulo přesně na den sto let od úmrtí významného fyzika, filosofa, technika a pedagoga, chrlického rodáka Ernsta Macha (18. 2. 1838 Chrlice – 19. 2. 1916 Vaterstetten), právem považovaného za nejvýznamnějšího fyzika, který působil v 19. století v českých zemích.

Právě 19. únor byl ústředním dnem odborných a vzpomínkových akcí soustředěných do *Brněnských dnů Ernsta Macha* (BDEM), které se staly již takřka tradicí (předchozí akce se uskutečnily v letech 1988 a 2008). Letošní, v pořadí třetí Brněnské dny Ernsta Macha se konaly ve dnech 18. až 20. února. Jejich organizátory byly spolu s Masarykovou univerzitou a za podpory Statutárního města Brna také Akademie



Primátor statutárního města Brna Petr Vokřál jako hostitel konference při uvítacím projevu. Foto: Jan Franců

věd ČR, Učená společnost ČR, Jednota českých matematiků a fyziků a městská část Brno-Chrlice.

Brněnské dny Ernsta Macha 2016 byly zahájeny 18. února uvítacím večerem. Jeho součástí byla výstavka v mnohém unikátních dokumentů týkajících se života a díla Ernsta Macha, které pocházejí ze soukromé sbírky inspirátora a „duchovního otce“ BDEM prof. Martina Černohorského. Na pátek 19. února dopoledne připadla stěžejní akce BDEM – konference „Ernst Mach: Fyzika – Filosofie – Technika“. Konala se v důstojném prostředí Sněmovního sálu Nové radni-



Martin Černohorský zahajuje konferenci v rámci Brněnských dnů Ernsta Macha 2016. Nová radnice v Brně.

Foto: Jan Franců

ce v Brně. Po úvodním vstupu prof. Martina Černohorského, nazvaném „K třetímu Brněnským dnům Ernsta Macha“, zahájil konferenci primátor statutárního města Brna Ing. Petr Vokřál:

*Vážené dámy, vážení pánové, vážení hosté,
už jen dnešní účast významných hostů svědčí o tom, jaký význam měl Ernst Mach pro vědu v minulosti a má i v dnešní době. Jsem velmi rád, že k stému výročí jeho úmrtí zorganizovala Masarykova univerzita konferenci, která, jak pevně věřím, posune naše město zase o něco více do povědomí i v mezinárodním měřítku. Za to chci organizátorům poděkovat.*



Mimořádný zájem účastníků vzbudila přednáška Jiřího Bičáka „Mach, relativita a kosmologie“. Foto: Jan Franců

Brněnské dny
Ernsta Macha 2016



Mach, relativita a kosmologie

Jiří Bičák

Ústav teoretické fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8; jiri.bicak@mff.cuni.cz

Úvod

Bezmráčná noc. Nejhlubší na poušti. Nad námi klenba hvězd. Z náhlého štěstí se roztočíme, hledíme vzhůru. Hvězdy nad námi rotují a zároveň se naše ruce vlivem rotace – vlivem odstředivé („neinerciální“) síly – zdvihají. Pro Ernsta Macha je vysvětlení v tom, že stálce určují náš lokální inerciální systém a naše rotace vůči tomuto systému vyvolává neinerciální síly, díky nimž se zvedají ruce. Podle Machova pojetí však závisí jen na relativním pohybu: kdybychom se „neroztancili“ my, ale roztočily se hvězdy nad námi, naše ruce by stoupaly vzhůru také!

Efekty tohoto typu opravdu předpovídá Einsteinoва teorie gravitace – obecná teorie relativity. Obvykle se vystihují slovy „vlečení, resp. strhávání (dragging) inerciálních systémů“ anebo, v obecnějším kontextu, „gravitomagnetismus“. Po nedávném shrnutí výsledků měření vlivu rotace Země na změny směrů os setrvačnicků umístěných v satelitu Gravity Probe B jsou dnes takové jevy prokázány i experimentálně.

Mach a Einstein

Vraťme se však do historie. Kdykoliv mluvím o „machovských“ efektech v obecné relativitě a kosmologii, zvláště mimo domovinu, začínám „geograficky“ (obr. 1).

Je pozoruhodné, že v oblasti Brna, respektive Moravy se objevují jména takových osobností vědy jako Gregora Mendela, zakladatele genetiky, Kurta Gödela, jednoho z největších logiků historie od doby Aristotela, – a ovšem Ernsta Macha. Ten, ač narozen v Chrlících, dnes části Brna, strávil na Moravě nejprve asi dva roky ve Zlíně a po letech pak několik let na gymnáziu v Kroměříži. Gödel, později v Princetonu blízký přítel Alberta Einsteina, se kromě základů matematiky a logiky věnoval také relativistické kosmologii. O jeho „antimachovském“ vesmíru se zmíníme v závěru. Po studiích ve Vídni, soukromé habilitaci a profesuře na univerzitě ve Štýrském Hradci se od letního semestru 1867 Ernst Mach stává profesorem experimentální fyziky a přednostou fyzikálního kabinetu na tehdejší Karlově-Ferdinandově universitě v Praze. Působí zde 28 let, vytvoří svá nezávažnější díla, vychovává velkou řadu studentů, včetně českých. Není pochyb, že Machem vyvolaná atmosféra na pražské univerzitě hrála velkou roli mimo jiné i v tom, že jeho následovníci nabídli první plnou profesuru teoretické fyziky na německé části pražské univerzity Albertu Einsteinovi.

Jedním z nejvlivnějších Machových děl vytvořených v Praze je *Mechanika ve svém vývoji, hodnoceno historicko-kriticky*, poprvé vydaná v roce 1883 [1]. Mach za skutečný smysl knihy považuje ne teorémy



Obr. 1 Brno (Morava) a Praha (Čechy) jako „atraktory“ osobností vědy (i umění) na přelomu 19. a 20. století.

z mechaniky, ale antimetafyzický přístup k celé vědě. Ten lze dobře ilustrovat právě na pojmech a postupech klasické mechaniky. Kritice zde především podrobuje „pojmovou obłudnost absolutního prostoru“. Absolutní prostor považuje za „čistě vymyšlenou věc, kterou nelze ověřit zkušeností“. Tento postoj na Einsteina silně působil již při formulaci základního článku o speciální teorii relativity (*Zur Elektrodynamik der bewegter Körper*) z roku 1905. Práce neobsahuje prakticky žádný nový vztah, který by se neobjevil již v dílech jiných autorů, jako například H. Poincarého nebo H. A. Lorentze. Fyzikálně, chcete-li „filosoficky“ zásadní je skutečnost, že Einstein si uvědomil, že pojem současnosti dvou nesusoumístných událostí je třeba *definovat* a svou definici současnosti založil na Machově požadavku, že každé tvrzení ve fyzice musí určit vztahy mezi pozorovatelnými veličinami.

Einstein si Machův vliv uvědomoval s různou „intenzitou“, během let postupně klesal. Nicméně „konstantami“ zůstávají některé jeho výroky o Machovi, například: „*I ti, kteří si myslí, že jsou Machovými oponenty, si sotva uvědomují, jak Machovy názory nasávali již s mateřským mlékem*“ nebo „*Machovu velikost vidím v jeho neúplném skepticizmu a jeho nezávislosti, v mladších letech mě také velmi ovlivnily Machovy epistemologické postoje*“.

V *Mechanice* Mach rovněž vyslovuje svůj zásadní pohled na „filosofii“ vědy: „*Nejvyšší filosofii bádajícího vědce je udržovat neúplné pojetí světa a dávat mu přednost před jakýmkoliv zdánlivě úplným, avšak neadekvátním pojetím...*“ a dále: „*Badatel musí cítit po-*

Brněnské dny
Ernst Macha 2016



Ernst Mach – pedagog a technik

Emilie Těšínská¹, Ivan Landa² a Jiří Drahoš³

¹ Ústav pro soudobé dějiny AV ČR, v. v. i., Puškinovo nám. 9, 160 00 Praha 6; tesinska@cesnet.cz

² Filosofický ústav AV ČR, v. v. i., Jilská 1, 110 00 Praha 1; landa@flu.cas.cz

³ Ústav chemických procesů AV ČR, v. v. i., Rozvojová 135, 165 02 Praha 6; drahos@icpf.cas.cz

Mach – pedagog

Přestože Mach se sám pokládal „jen“ za fyzika, z přirozené zvědavosti a touhy po sebevzdělání často nahlížel za konvenční hranice oborů. Jeho vědecký odkaz nalézáme vedle řady vědních a aplikovaných oborů, k jejichž rozvoji přispěl svými fyzikálními výzkumy a historicko-kritickým rozбором základních fyzikálních pojmů, v neposlední řadě také v pedagogické činnosti. Mnoho času věnoval univerzitní výuce experimentální fyziky pro kandidáty učitelství na středních školách, studenty všeobecného lékařství a farmacie, ale také populárněvědeckým přednáškám pro širší veřejnost.

Historický kontext

Ernst Mach (1838–1916) působil v Praze v letech 1867–1895 jako profesor fyziky na pražské univerzitě – a to před i po jejím rozdělení na českou a německou univerzitu, k němuž došlo v roce 1882. Během dvaceti osmi let působení v Praze publikoval řadu knih a velké množství článků, které mu zajistily mezinárodní věhlas v odborných kruzích. Vyznačují se pozoruhodnou šíří vědeckých témat, která sahají od fyziky přes fyziologii až k filozofii.¹

Léta strávená v Praze byla pro Macha ve všech směrech plodná. Věnoval se intenzivně experimentální práci v laboratoři, psaní i výuce. Pravidelně konal populární přednášky pro veřejnost, např. v rámci pražského přírodovědného spolku „Lotos“. Byl to německý populárně-vzdělávací, původně studentský spolek, který vznikl r. 1848. Platforma tohoto spolku byla interdisciplinární. Mach se stal jeho členem vzápětí po příchodu do Prahy a řadu let působil ve výboru (v letech 1872–1876 dokonce jako místopředseda). K přednáškám ve spolku přivedl Mach i některé ze svých žáků.²

Pokud jde o univerzitní výuku, Mach zastával na pražské univerzitě profesuru fyziky, jejímž hlavním úkolem bylo zajištění výuky experimentální fyziky pro kandidáty učitelství na středních školách a pro



Ernst Mach

Ernst Mach (1838–1916), fotografie uveřejněná v dubnu 1916 v nekrologu E. Macha napsaném Albertem Einsteinem. [Physikalische Zeitschrift 17, 101 (1916)].

studenty dvouletých farmaceutických kurzů. Po převzetí této profesury od letního semestru 1867 Mach výuku experimentální fyziky na pražské univerzitě výrazně modernizoval. Předně rozdělil (na dvě samostatné přednášky) úvodní přednášku z experimentální fyziky pro kandidáty učitelství a pro farmaceuty (kterou

Brněnské dny
Ernsta Macha 2016



1 D. Hoffman: „Ernst Mach in Prag“, in: *Ernst Mach. Studien und Dokumente zu Leben und Werk* (D. Hoffmann, H. Laitko, Hrsg.): Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1991, s. 141–173.

2 Srv. E. Těšínská: „Fyzikální vědy v pražském německém přírodovědném spolku Lotos“, *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie* 42, 35–47 (1997).

Ve filozofii jen „sváteční střelec“?

Přírodovědec Ernst Mach jako oborově přeshraniční pendler

ČÁST 1

Friedrich Stadler

Institut für Philosophie, Universität Wien, Universitätsstraße 7, A-1010 Wien, Rakousko; friedrich.stadler@univie.ac.at

Ernst Mach byl už mezinárodně úspěšný experimentální fyzik a přírodovědec, když po profesurách ve Štýrském Hradci a v Praze na vrcholu své kariéry v roce 1895 převzal na vídeňské univerzitě stoličku pro *Filosofii, zejména dějiny a teorii induktivních věd*, nově pro něho vytvořenou. Co přimělo vášnivého „přírodovědce“, jenž se sám, pokud jde o filozofii, po celou dobu svého života považoval jen za „svátečního střelce“, převzít právě tuto důležitou stoličku, která se pak stala základem pro jeho následovníky Ludwiga Boltzmann a Moritze Schlicka, zakladatele Vídeňského kruhu? Odpověď na tuto otázku vyžaduje podívat se na Machův intelektuální vývoj: je tu klíčový zážitek při četbě Kantových *Prolegomen*, vliv kantovce Friedricha Benekeho, jakož i filozofické kontakty s jeho současníky od Franze Brentana přes Wilhelma Jerusalem a až k Theodoru a Heinrichu Gomperzovi, nebo kontakty s Pierrem Duhemem a Williamem Jamesem, které poukazují na příbuznost s francouzským konvencionalismem a americkým pragmatismem.

V neposlední řadě lze vidět pluralistické a diferencované vnímání Macha ve Vídeňském kruhu logického empirismu (s Wittgensteinem a Popperem na pomezí) s projevy jeho (anti)filozofického dědictví, dokumentovaného zčásti v aktivitách Společnosti Ernsta Macha (*Verein Ernst Mach*). Pozdní znovuoobjevení a uznání Ernsta Macha Paulem Feyerabendem polarizovalo stejně jako jeho provokující polemická kniha *Proti metodě*.

Při vědomí skutečnosti tohoto historického případu širokého a zároveň kontroverzního vlivu ve filozofii a v přírodních vědách je Machovo vlastní pesimistické vyjádření, jak je uvedeme později, o vynoření se aprioristických proudů na začátku dvacátého století překvapující a vyžaduje vysvětlení.

Ve své přednášce uvedu okolnosti Machova ustanovení ve Vídni a autobiografické úryvky o jeho vztahu k akademické filozofii z dnešního hlediska. Ukazuje se, že lze na Macha hledět jako na průkopníka a předchůdce soudobé „historické epistemologie“, „historie



Ernst Mach (1838–1916)

a filosofie vědy“, a především jako na teoretika a praktika inter- a transdisciplinarity. Má-li se na něho hledět jako na filozofa, pak tedy spíše v kontextu s naturalismem, pragmatismem a filozofií selského rozumu – jako obecnou teorií bádání.

Mach a jeho doba – případ mimořádné intelektuální kariéry

Mach byl vzrušující člověk a fascinující badatel: polarizoval veřejnost a názory v akademickém prostředí od *fin de siècle* až po současnost. Kdo byl tento vědec ovlivňující filozofii, vědu a politiku stejně jako literaturu, který vyvolával opozice materialismus vs.

Brněnské dny
Ernsta Macha 2016

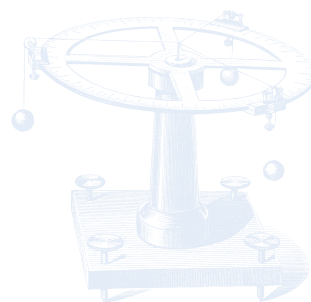


Odkaz Arnošta Macha

Ke dni 18. února 1938, stému výročí jeho narození.

Albína Dratvová

27. 12. 1891 – 1. 12. 1969, docentka filozofie přírodních věd na Univerzitě Karlově v Praze



Reprodukujeme zde článek, v němž první česká docentka filozofie přírodních věd Albína Dratvová zhodnotila vědecké, především filozofické působení Ernsta Macha u příležitosti stého výročí jeho narození. Machovo zaujetí proti metafyzice nesdílala. Pokládala ji nejen za možnou, ale viděla v ní samo jádro filozofování. Vzdor tomuto svému přesvědčení sledovala vývoj moderního pozitivismu a novopozitivismu s porozuměním a Machovu filozofii popsala věrně a výstižně. Zjevně se však mylíla v hodnocení Macha jako experimentálního fyzika, kde je dnes jeho vliv nejpatrnější a nejpřímější. V tomto oboru nebylo její školení a zkušenosti dostatečné k vyslovení relevantního hodnotícího soudu. Tento chybný úsudek lze však přičíst na vrub i tomu, že většina Machových objevů osvědčila svou důležitost až v letech a desetiletích po otištění článku, např. s rozvojem aerodynamiky vysokých rychlostí.

Albína (pův. Běla) Dratvová se narodila v Praze v rodině soukromého úředníka. Již s datem jejího narození se pojí nedorozumění. V roce 1942 o tom sama napsala: „Jsem skutečně narozena 27. prosince 1891, tedy jsem, podle tvrzení mé matky, nedělní dítě. Ale bába mne šla



Albína Dratvová

dát zapsat do matriky až po Novém roce, kdy byla matrika za starý rok již uzavřena. I zapsal mne duchovní na 2. 1. 1892. To mám i v křestním listu.“ Toto nesprávné datum narození ji pak provázelo i v dalších oficiálních dokumentech. Je uvedeno i v řadě jí věnovaných biografických textů. Dětství prožila na Vinohradech. Vychoďla měšťanskou školu. V letech 1907–1911 studovala na pražském ústavu pro vzdělávání učitelek; maturitní zkoušku pak složila po soukromé přípravě na Akademickém gymnáziu v roce 1913. Zapsala se ke studiu matematiky, filozofie a logiky na Filosofické fakultě české Karlo-Ferdinandovy univerzity. Promována byla 19. ledna 1918; obhájila disertační práci o Descartesově etice. Prvních deset let po promoci pracovala jako středoškolská profesorka. Od roku 1928 působila v pedagogickém oddělení Ministerstva školství a národní osvěty až do penzionování v roce 1942. V červenci 1932 se habilitovala pro obor filozofie přírodních věd na Univerzitě Karlově v Praze. Jako soukromá docentka přednášela na Přírodovědecké fakultě UK. Její aktivní veřejné působení se uzavírá v letech 1948/9. Poté publikuje již jen příležitostně. Jako většina tehdejších středoškolských profesorek zůstala svobodná. Když musela opustit svůj „mansardní byt vysoko nad Riegrovými sady s vyhlídkou na Hradčany“, strávila poslední léta života v terezínském domově důchodců, kde 1. 12. 1969 zemřela.

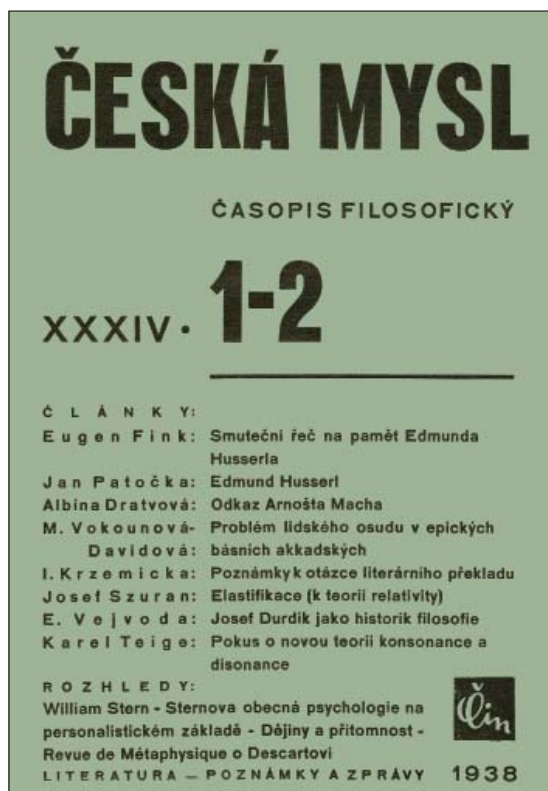
Literatura: A. Dratvová: *Deník 1921–1961. Scientific Diary*. Academia, Praha 2008; V. Podaný: „Albína Dratvová a její deník“, *Dějiny a současnost* 17(2), 30–33 (1995); slovníkové heslo dostupné z WWW: <https://www.phil.muni.cz/fil/scf/komplet/dratv.html>; A. Dratvová: *Filosofie a přírodovědecké poznání*. Nakl. České grafické unie, Praha 1939.

» Skutečně: lze se o logice a noetice vědy něčemu naučit jen od filosofujícího vědce, nikoli od pouhého filosofa. «

A. Dratvová: *Deník*, citované dílo, s. 177.

» Člověk, který nevěří v Boha, nemá v sobě božské jiskry, je plochého rozumu a prázdného srdce. «

A. Dratvová: *Deník*, citované dílo, s. 164.



ČESKÁ MYSL

ČASOPIS FILOSOFICKÝ

VEDE REDAKČNÍ KRUH

František Fajfr, Jan B. Kozák, Josef

Král, Josef Navrátil, Jan Patočka,

Emanuel Rádl, Ladislav Rieger,

František Soukup, František Šeracký,

Vasil K. Škrach, Josef Váňa

ROČNÍK XXXIV

1 9 3 8

Čin * Praha

ČESKÁ MYSL

Č A S O P I S F I L O S O F I C K Ý

ROČ. XXXIV

LEDEN—ČERVEN

SEŠIT 1–2

Albína Dratková:

Odkaz Arnošta Macha

(Ke dni 18. února 1938, stému výročí jeho narození.)

Když v roce 1895 Mach nastupoval po Brentanovi stolicí filosofie na vídeňské universitě, byv před tím fysikem na pražské universitě po 28 let, prohlásil — podle svědectví Höfflerova — v úvodní přednášce: „Ich bleibe Naturforscher.“ Byla v tom pýcha přírodovědce, který ryzí filosofii pohrdal, nebo skromnost, že svým posluchačům nebude moci dát to, co jim poskytoval jeho slavný předchůdce, ryzí filosof, nebo to bylo prostě konstatování, že už nebude jiný, než jaký byl po tak dlouhou dobu svého života, t. j. především přírodovědcem? Slova tato mne podnítila, abych pátrala po jejich opravdovém významu, a podala tak obraz, jak se mi nyní, sto let po Machově narození, jeví jeho učení.

Uvážíme-li, v které době Mach žil svá nejpłodnější léta, nedivíme se, že chtěl dokázat, že s filosofii má máloco společného; filosofii ovšem myslil opovrhovanou naturfilosofii a asi s Ostwaldem soudil, že „přírodní filosofové . . . se pokoušeli odvoditi zkušenost z myšlení, kdežto my (t. j. přírodovědci) se opačně pokusíme celé své myšlení řídit podle zkušenosti“. Byly známy ještě případy usuzování, které se neshodovaly se zkušeností; jak musila spekulace odstrašovat fysika, jakým byl Mach, věděl-li, že na př. Hegel dokázal a priori, že planet nemůže být než sedm, ale téměř bezprostředně poté (1801) byla objevena planeta Ceres! Snad taková zvůle mohla rozbujet v této době právě v Německu proto, že neměli vynikajících fysiků, kteří by spekulaci různé oklikli; tehdy vedly fysika anglická a francouzská, německá se stala světovou teprve později principem o zachování energie. Dnes vidíme opak toho: nyní, kdy fysika má tolik co světu říci a naopak filosofie je vyčer-

Úloha mezinárodní fyzikální olympiády využívající extrémální princip

Jan Kříž¹, Filip Studnička¹, Ľubomír Konrád², Bohumil Vybíral²

¹ Ústřední komise Fyzikální olympiády, Univerzita Hradec Králové, Rokitského 62, 500 03 Hradec Králové

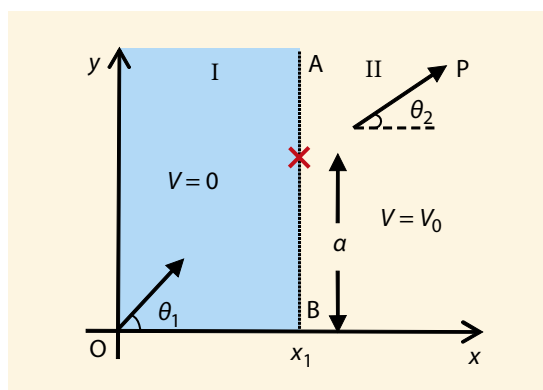
² Gymnázium, Veľká okružná 22, 010 01 Žilina

Motivací k sepsání tohoto příspěvku a k představení teoretické úlohy ze 46. mezinárodní fyzikální olympiády „Extrémální princip“ (viz níže) bylo zamyslet se nad rolí a potřebností vysokoškolské matematiky v soutěžních úlohách mezinárodní fyzikální olympiády.

Na jednu stranu obsahuje syllabus mezinárodní fyzikální olympiády (MFO) [1], kapitolu *Kvantová fyzika*. Na druhou stranu se v úvodu téhož dokumentu píše, že úlohy MFO by měly testovat především kreativitu soutěžících a porozumění fyzice, neměly by být postaveny na matematických schopnostech, přičemž podíl bodového hodnocení za matematické manipulace by měl být malý. Matematická část syllabu končí u jednoduchých operací kalkulu. Jak je tedy možné zadávat úlohy z kvantové mechaniky, jestliže soutěžící nemají znalosti z oblasti základního nástroje kvantové fyziky – funkcionální analýzy? Odpovědí je, že veškeré úlohy z kvantové fyziky zadávané na MFO více méně spadají do oblasti tzv. „staré kvantové mechaniky“ (přibližně do roku 1925). Kvantové jevy jsou tedy vysvětlovány v rámci klasické fyziky, bez nutné potřeby použití matematického aparátu kvantové teorie. O tomto se čtenář Československého časopisu pro fyziku mohl přesvědčit např. v [2–4].

Níže představujeme všechny čtyři části úlohy z poslední MFO, která proběhla v indické Bombaji v červenci 2015. Čtenář sám může posoudit, jak moc se autorům podařilo vymyslet úlohu, jejíž hodnocení by nemělo být postaveno především na hodnocení matematických manipulací. Nutno dodat, že námět úlohy je skutečně velmi ambiciózní. Extrémální princip, resp. variační počet jako takový určitě přesahuje syllabus MFO, což ovšem není na škodu, pokud je příslušná teorie v textu úlohy řádně vyložena. Jedná se o elegantní nástroj používaný např. v analytické mechanice. Vraťme se ještě jednou ke zmíněné funkcionální analýze citátem z učebnice [5]: „*Abstraktní variační počet souvisí se jmény Banacha a Hilberta, kteří odhlédli od praktického užití klasického variačního počtu a vhodným zobecněním problémů se zasloužili o rozvoj funkcionální analýzy, jejíž je variační počet v jistém smyslu součástí.*“

Níže uvedené znění úlohy je upraveným českým překladem úlohy vytvořené indickými organizátory



Obr. 1 Náčrt situace v úloze A.

46. MFO a upravené během jednání mezinárodní rady v červenci 2015. Originál úlohy bude v nejbližší době zveřejněn na webu MFO [6].

A) Extrémální princip v mechanice

Uvažujte rovinnou plochu $x - y$, v níž se hmotný bod pohybuje bez tření, viz obr. 1. Tato plocha je rozdělena na dvě oblasti I a II přímkou AB, jež má rovnici $x = x_1$. Potenciální energie částice (hmotného bodu) o hmotnosti m v oblasti I je $V = 0$ a v oblasti II je $V = V_0$. Částice je vržena z počátku O rychlostí v_1 pod elevačním úhlem θ_1 , který svírá vektor rychlosti s osou x . Částice dorazí do bodu P v oblasti II rychlostí v_2 podél přímky svírající s osou x úhel θ_2 . V celé úloze (ve všech částech) zanedbejte gravitaci a veškeré relativistické děje.

A1: Vyjádřete v_2 pouze pomocí m , v_1 a V_0 .

Řešení:

Ze zákona zachování mechanické energie plyne

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + V_0 \Rightarrow v_2 = \sqrt{v_1^2 - \frac{2V_0}{m}}.$$



85 let Antonína Prokeše

Jan Hladký

Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Na Slovance 2, 182 21 Praha 8; hladky@fzu.cz

RNDr. Antonín Prokeš, CSc. Narodil se ve Včelarech u Uherského Hradiště 25. 4. 1931 v nemajetné rodině jako druhé ze čtyř dětí. Jeho otec byl přesvědčeným komunistou, takže prostředí, ve kterém vyrůstal, vedlo přirozeně k tomu, že se v roce 1947 stal členem Komunistické strany Československa. Po válce v roce 1945 začal studovat na gymnáziu v Uherském Hradišti, ale v kvintě těžce onemocněl tuberkulózou a musel studium přerušit. Po více než dvouletém léčení v nemocnici a sanatoriu absolvoval dělnickou přípravku a byl přijat ke studiu fyziky na Přírodovědeckou fakultu Karlovy univerzity. Po založení nové, Matematicko-fyzikální fakulty UK v Praze na ni automaticky přešel a zakončil ji v roce 1956. Pracovat začal na Ústavu jaderné fyziky Československé akademie věd, který založil RNDr. Čestmír Šimá-



Obr. 1 Město Dubna u Moskvy.

ně, CSc., v roce 1954, v Praze-Hostivaři. V roce 1957 byl vyslán na dlouhodobý pracovní pobyt do Laboratoře vysokých energií Spojeného ústavu jaderných výzkumů v Dubně (viz obr. 1).

V Laboratoři pracoval ve skupině pod vedením G. M. Staškova na budování xenonové bublinové komory a jejího uvedení do provozu na svazku synchrotrónu s energií 10 GeV (obr. 2). Později se podílel na zpracování snímků s interakcemi vzniklými v této komoře a na interpretacích fyzikálních výsledků. Po odchodu M. G. Staškova do Taškentu se stává místo něj vedoucím skupiny. Ve Spojeném ústavu jaderných výzkumů pracoval sedm a půl roku a za tuto dobu se stal spoluautorem 13 původních vědeckých prací a podal s G. M. Staškovem rovněž zlepšovací návrhy na racionální využití filmového materiálu a dále na stavbu dvousložkové bublinové komory. Za mimořádný pracovní výkon dostal čtyřikrát odměnu a dvakrát byl vyznamenán čestným titulem vzorného pra-



Obr. 2 Synchrotrón Laboratoře vysokých energií SÚJV Dubna.

covníka. SÚJV ho vyslal v roce 1959 a rovněž 1962 na Mezinárodní konferenci vysokých energií do Ženevy, kde přednesl referát o své práci na konstrukci xenonové komory.

Po obhajobě kandidátské práce v Laboratoři vysokých energií SÚJV Dubna koncem roku 1964 na téma *Zkoumání kvazielastických srážek π^- n při energii 9 GeV pomocí xenonové bublinové komory* se v lednu roku 1965 vrátil do Ústavu jaderného výzkumu Československé akademie věd v Řeži. Za nepřítomnosti ředitele ústavu Ing. Dr. Vladimíra Švába, bývalého náměstka ministra chemického průmyslu, mu náměstek ředitele RNDr. Stanislav Šafrata, CSc., neumožnil pokračovat ve výzkumu v oblasti, který mnoho let prováděl v Dubně. Proto přichází pracovat do oddělení



Obr. 3 Diskuse o zpracování údajů na počítači CDC.

Jiřímu Komrskovi je 80 let

Miroslav Liška

Ústav fyzikálního inženýrství, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2, 6167 69 Brno; liska@fme.vutbr.cz

Prof. RNDr. Jiří Komrška, CSc., se narodil 21. srpna 1936 v Telnici u Brna. Po maturitě v roce 1954 studoval fyziku na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v Brně (pozdější Univerzity J. E. Purkyně a dnes již opět Masarykovy univerzity). V nižších ročnících se zabýval rentgenovou difraktografií, ve vyšších ročnících elektrickými výboji v plynech, konkrétně spektry výbojů a elektrickým a termickým buzením a ionizací. Univerzitní studium absolvoval v roce 1959 obhajobou diplomové práce o spektrech pochodňového výboje na různých elektrodách.

Pedagogem, který v období studia významně ovlivnil další profesní vývoj Jiřího Komrského, byl prof. RNDr. Martin Černohorský, CSc. Ten k počátku jeho studia uvádí: „V onom akademickém roce 1954/55 byli Jiří Komrška a jeho kolegové prvními studenty reformovaného studia na přírodovědeckých a filosofických fakultách, jejichž absolventi se do té doby stávali vesměs kvalifikovanými pro „zapsání do seznamu kandidátů učitelství na středních školách“. Bylo zavedeno tzv. odborné studium jednotlivých oborů. To byla jedna specifika Komrského studia. Ta druhá byla dána tím, jací studenti se v tomto ročníku, který lze označit jako legendární pro tato specifika, sešli. Byli mezi nimi pozdější profesori Vysokého učení technického v Brně Jiří Komrška a Alexander Ženíšek, docenti Jindřich Klapka a Jiří Světlík a i profesionální kariéry ostatních, nejen ta Jiřího Grygara, byly mimořádně úspěšné.“

Vzpomínka RNDr. Jiřího Grygara, CSc., k začátku společného studia: „Poprvé jsem se s Jurou Komrskou setkal v posluchárně F1 Přírodovědecké fakulty MU v Brně na začátku prvního semestru studia odborné fyziky, kde jsme měli spolu s dalšími kolegy to štěstí, že nám základní kurz fyziky přednášel tehdejší asistent RNDr. Martin Černohorský. Brněnským fyzikům nemusím jistě zdůrazňovat, jak silně nás kroužek 11 studentů dr. Černohorský ovlivnil, pokud jde o porozumění smyslu této vědy, ale také pro vysoký etický standard, kterým sám vynikal a nám byl příkladem. Jura projevil své mimořádné zaujetí fyzikou hlavně v nepovinném fyzikálním semináři, jenž nám dr. Černohorský hned v prvním semestru nabídl navíc. Byl z nás rozhodně nejloubavější

a jeho úsilí pochopit fyziku z prvních principů mne fascinovalo. Rychle jsme se spřátelili s naším dalším kolegou Jaromírem Mikuškem, protože kromě fyziky nás navíc spojovala katolická víra a také pěstování cyklistiky. Hned po prvním ročníku jsme se domluvili na společném cyklistickém výletě, kdy jsme vyrazili z Brna do Kutné Hory, Bělé pod Bezdězem, Jablonce nad Nisou, Nového Města nad Metu-



ji a zpátky do Brna. Dobrodružná výprava nás velmi stmelila, protože cestovat na nepřelísť bavených bicyklech po často ještě prašných silnicích bylo nejen fyzicky, ale i psychicky náročné. Tak jsme si ověřili, že se na sebe můžeme v krizových situacích opravdu spolehnout jako ti pověstní mušketýři. Pochopitelně jsme na té týdenní cestě probírali skoro pořád fyziku, filozofii a teologii; byly to zkrátka prázdniny, na které se nedá zapomenout.“

V srpnu 1959 nastoupil Jiří Komrška do Výzkumného ústavu pro práškovou metalurgii v Šumperku, kde se ve fyzikální laboratoři věnoval rentgenografické strukturní identifikaci fází surovin pro výrobu feritů a rentgenografickému stanovení zrnitosti. V roce 1961 přešel do Laboratoře pro studium vlastností kovů ČSAV v Brně, kde se ve fyzikálním oddělení prof. RNDr. Martina Černohorského, CSc., zabýval interpretací různých typů elektronogramů a selekční elektronovou difrakcí. Toto odborné zamě-

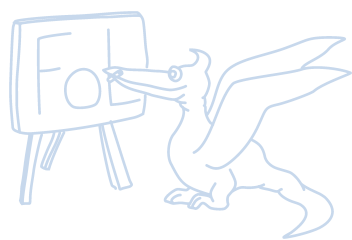
ření ho přivedlo k externí spolupráci s Ústavem přístrojové techniky ČSAV v Brně, kde v Laboratoři elektronové optiky, vedené prof. Ing. Vladimírem Drahošem, DrSc., se zabýval ohybem a interferencí elektronů. Své tehdejší vědecké výsledky Jiří Komrška sepsal do kandidátské disertační práce s názvem „Interpretace elektronových interferenčních jevů získaných elektrostatickým dvojhranolem“, kterou na brněnské Přírodovědecké fakultě obhájil v roce 1965.

Od dubna 1965 se Jiří Komrška stal vědeckým pracovníkem Ústavu přístrojové techniky v oddělení elektronové optiky vedeném nejprve prof. Drahošem a od roku 1978 prof. Ing. Arminem Delongem, DrSc. V roce 1990 krátce působil jako ředitel ústavu; ze zdravotních důvodů byl nucen na tuto funkci rezignovat.

V červnu 1990 se habilitoval na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity na základě rozsáhlé publikované práce „Scalar Diffraction Theory in Electron Optics“. V únoru 1991 byl přijat na katedru fyziky Fakulty strojní Vysokého učení technického v Brně na místo docenta se zaměřením vědeckopedagogické práce na difrakci světla a fourierovskou optiku. Od roku 1993 působí na této škole, na Ústavu fyzikálního inženýrství Fakulty strojního inženýrství, jako profesor.

Vědecké problémy a výstupy jejich řešení, kterým se Jiří Komrška věnoval, je možné zařadit do tří oblastí: difrakce záření na krystalech, difrakce a interference elektronů a difrakce světla a fourierovská optika.

Část prací z oblasti difrakce na krystalech, které pocházejí z první poloviny šedesátých let, se zabývá interpretací elektronogramů a vytvořením metodiky pro rutinní použití elektronové difrakce. Práce obsahují metodu interpretace elektronogramů s kruhovými difrakcemi, která je optimální z hlediska přesnosti měření mřížkových parametrů nebo urychlovacího napětí. Jiří Komrška uskutečnil rozsáhlá měření, která jsou systematickou studií přesnosti elektronografických měření. Na základě výsledků publikoval analýzu používané Le Pooleovy metody selekční difrakce v elektronovém mikroskopu a návod, jak zajistit, aby difraktogram pocházel z vybrané oblasti preparátu, a jak ho zpracovat.



Fyziklání online 2015

Ladislav Nagy¹, Karel Kolář²

¹Gymnázium a SOŠZE, Vyškov (účastník soutěže – autor zprávy)

²Matematicko-fyzikální fakulta UK v Praze (organizátor FYKOSu – autor ostatních částí příspěvku)

Fyziklání online je týmová soutěž v řešení fyzikálních příkladů, která je primárně určena pro středoškoly. Může se jí však účastnit kdokoli v otevřené kategorii. Zadání dostávají týmy v češtině i angličtině, což umožňuje účast soutěžících z celého světa. Článek přináší report účastníka a ukázkou několika úloh.

Zpráva účastníka

Dne 2. prosince 2015 se uskutečnila mezinárodní soutěž Fyziklání online [1]. Jedná se o soutěž určenou středoškolákům, kteří v týmu o maximálně pěti členech mají za úkol řešit fyzikální úlohy z různých oborů fyziky. Celá tři hodiny trvající soutěž probíhá online, takže každý soutěžící může řešit úlohy ze svého domu nebo se celý tým může sejít někde u počítače s připojením k internetu a řešit úlohy společně.

Týmy byly rozděleny do několika kategorií. Tři kategorie byly určeny středním školám z České republiky a Slovenské republiky, jedna kategorie pro zahraniční střední školy a poslední kategorie byla pro všechny, kdo si chtějí zasoutěžit, ale střední školu již nestudují.



Název týmu: GYMPL :D. Složení: Adam Karas, Katka Nováková, Eliška Kubová, Zbyněk Peták, Jakub Dřevo. Gymnázium Legionářů, Příbram

Samotná soutěž probíhala tak, že všechny týmy na začátku dostaly sedm úloh. Po vyřešení jedné z nich někdo z týmu zadal výsledek do internetového formuláře. Pokud byla odpověď správná, dostal tým plný počet bodů. Pokud odpověď správná nebyla, mohl tým na otázku odpovědět znovu, ale už pouze za část z původního počtu bodů. Postupně byly úlohy těžší a těžší, ovšem také lépe bodované. Při řešení úloh mohli soutěžící používat internet, což práci s hledáním vzorců a vším podobným velmi zjednodušovalo.

První hodinu po začátku soutěže byla tabulka průběžných výsledků nestálá. Týmy se stále snažily navzájem se předhonit. Hodinu po začátku soutěže byla na 30 minut zveřejněna série lépe bodovaných úloh Hurry-up, která ve výsledném pořadí byla velmi důležitá a dokázala s ním zamíchat. Čím více se soutěž blížila ke konci, tím se pořadí ustalovalo a kvůli složitějším úlohám bylo pro týmy už velmi těžké získat



Název týmu: San Ignacio. Složení: Miguel Vasquez, Daniel Fajardo, Santiago Morales, Daniel Sierra. San Ignacio de Loyola, Colombia

nějaké body. Dvacet minut před koncem soutěže byla tabulka průběžných výsledků „zamrzena“. Výsledky se týmy dozvěděly okamžitě.

Nejlepší týmy byly oceněny nehynoucí slávou a věcnými cenami.

Ukázky úloh

Na stránkách Fyziklání online [1] v záložce „Minulé ročníky“ můžete nalézt zadání a řešení úloh soutěže z minulých let. Pro 5. ročník soutěže, o kterém je tento článek, bylo připraveno 50 úloh + 12 úloh do Hurry-up série. Zde přinášíme pouze několik ukázek, všechny úlohy naleznete na webu [2].

Úloha FoL. 8 – přímka apsid (autor Karel Kolář)

Zadání: Určete poměr rychlostí v_p/v_a planety v periapsidě v_p (bod nejbližší hvězdě) a apoapsidě v_a (bod nejdál od hvězdě), víte-li, že naše terestrická planeta



Název týmu: Hotentoti. Složení: Lada Doležalová, Anna Mlezivová, Viktorie Smítková, Jana Svobodová, Anna Kubová. Gymnázium Pierra de Coubertina, Tábor

10. ročník FYKOSího Fyziklání pohledem účastnice



Kateřina Stodolová

Gymnázium, Dašická 1083, 530 03 Pardubice

Letošní rok jsem se už podruhé zúčastnila soutěže Fyzikálního korespondenčního semináře FYKOSí Fyziklání. Fyziklání se konalo, jak je už zvykem, v polovině února v budovách MFF UK na Karlově a letos i na Malé Straně. Z minulého roku jsem měla trochu rozpačité pocity a nebyla jsem si jistá, jestli mě samotná soutěž pro svou obtížnost bavila, ale letos už jsem byla starší a lépe připravená čelit výzvám. Složení týmu bylo jasné už od podzimní FYKOSí soutěže Fyziklání online, kterého jsme se také účastnili. Výběr týmu ležel především na naší entuziastické učitelce, která nás podporuje ve Fyzikální olympiádě. Poměrně snadno jsme proto na škole složili dva týmy. Jelikož jsem se Fyziklání účastnila minulý rok a jsem zvyklá na podobný systém i ze soustředění pořádaných FYKOSem, organizace mě ničím nezaskočila. Pokyny byly navíc velmi srozumitelné.

Do Prahy jsem přijela už den před soutěží a využila jsem nabídku ubytování, kterou FYKOS nabízel. Ráno jsme organizovaně jeli buď na Karlov, nebo na Malou Stranu. Registrace proběhla velmi rychle a přehledně, všechny příchozí organizátoři nasměrovali do správné učebny. Dostali jsme vodu, svačinu, blok, pero, desky s pokyny a obálku se sedmi úlohami. Velmi kladně bych hodnotila velký počet lidí, kteří soutěž organizovali, protože vždy bylo koho se zeptat a s kým řešit problémy. Několik minut před začátkem nás přivítal hlavní organizátor Miroslav Hanzelka a řekl nám pár slov o FYKOSu a k průběhu samotné soutěže. Učitelský doprovod byl mezitím odveden pracovníkem fakulty Pavlem Bromem, který pro něj měl připravený speciální program. Po desáté hodině jsme dostali pokyn k otevření obálek s úlohami a mohli jsme začít počítat. Po počátečním hektickém listování zadáními úloh se atmosféra v týmu ustálila a každý řešil úlohy z fyzikálního oboru, který mu vyhovoval. Dokonce jsme i často spolupracovali, což nám loni při Fyziklání online tolik nešlo.



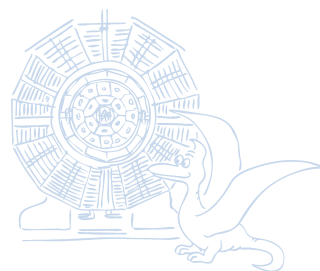
Letos se mi úlohy líbily mnohem víc než loni. Možná taky proto, že v prvních třiceti úlohách z padesáti se vyskytovala hlavně mechanika. Z větší části ale asi proto, že letos jsem toho mnohem víc spočítala. Úlohy nebyly ani tolik těžké, vyžadovaly však pozornost při matematických úpravách. Zaujala mě například úloha, kde voják střílí na pohyblivý cíl a zadáním je vypočítat, o kolik musí zbraň natočit, aby cíl zasáhl. Zajímavá byla i úloha, která řešila průsečík šikmého vrhu a volného pádu – hod kamenem po upírovi, který se spustil ze stropu. Do rukou se nám dostaly i další netradiční úlohy, které neměly nudné učebnicové zadání: Nalezněte rychlost, kterou se vůči sobě pohybují stíny člověka jdoucího po jedné straně silnice, když na opačné straně silnice svítí dvě stejně vysoké lampy (Pozn. red.: zadání úloh čtenáři naleznou na www.fyziklani.cz).

Po třech hodinách počítání soutěž skončila a všichni napjatě čekali na vyhlášení. I když jsme věděli, že jsme se neumístili mezi prvními pěti týmy, které získaly cenu, i tak jsme zůstali do konce a počkali si na výsledky. Ze vzdáleného konce posluchárny jsem na stolech vedle viděla vystavené odměny – populárně-naučná literatura, deskové hry, časopisy a mnohé další. Než jsme se všichni rozešli, dohodli jsme se, že se ve stejném složení určitě zúčastníme i příští rok a pokusíme se umístit aspoň mezi prvními deseti v naší kategorii. Myslím, že můžu za celý tým říct, že nás soutěž bavila a pomohla nám ověřit si svoje znalosti a zároveň odhalit naše slabá místa. Velmi se mi líbí, jak různé týmové soutěže zlepšují vztah mezi žáky a učiteli. Učitelé nám totiž potom i ve svém volném čase individuálně pomáhají v dalším rozvoji a motivují ke studiu technických oborů.

Příští ročník týmové soutěže FYKOSí Fyziklání proběhne 17. února 2017 v Praze.



Týden s aplikovanou fyzikou 2015 v CERN a ESRF



Daniel Pitoňák¹, Karel Kolář²

¹ Gymnázium a Střední odborná škola pedagogická v Čáslavi (účastník týdne – autor zprávy)

² Matematicko-fyzikální fakulta UK v Praze (organizátor FYKOSu – autor dodatku)

Týden s aplikovanou fyzikou FYKOSu je, jak název napovídá, týden, v jehož průběhu je snahou přiblížit středoškolákům jak aplikovanou fyziku a techniku ve výrobě, tak navštívit nějaká vědecká centra světové úrovně. Článek přináší reportáž z pohledu účastníka akce.

Zpráva účastníka

Úvod

TSAF? Co to je? Taková je reakce většiny lidí, kterým jsem vyprávěl svoje dobrodružství. To ale ještě nevěděli, co jsem během jednoho týdne mohl vidět.

Ale hned ze začátku bych se asi měl představit. Jsem Daniel Pitoňák a studuji 1. ročník Gymnázia a Střední odborné školy pedagogické v Čáslavi. V tomto článku bych chtěl popsat, co vše jsme mohli vidět na letošním ročníku Týdne s aplikovanou fyzikou. Je to akce pořádaná Matematicko-fyzikální fakultou Univerzity Karlovy v Praze a dává středoškolským studentům možnost vidět opravdová vědecká



Účastníci v CERNu byli na dosah operátorům v řídicím centru.



Účastníci akce v návštěvnickém centru v ESRF.

zařízení, do kterých se člověk nedostane jen tak každý den. Letos byly hlavními cíli CERN a ESRF, což jsou organizace ležící na území Švýcarska a Francie. Při cestě jsme projížděli ještě Německem. Co se mi velice líbí, je fakt, že jsme nebyli „jenom“ v CERNu. Cestou tam a zpět jsme navštívili i další zajímavá místa. Ale vše popořadě.

Praha, Dingolfing, Mnichov

Celá akce začala večer v pondělí 9. 11. Všichni jsme se sešli v budově Matfyzu v Troji a po úvodní přednášce se seznámili pomocí několika her. Odjezd byl okolo půlnoci, a tak jsme času měli dost. Nejdříve jsme cestou

navštívili firmu BMW v Dingolfingu. Tam jsme mohli vidět, jak se konstruuje auta této značky. Poté jsme se vypravili na mnichovské letiště, které je druhým největším letištěm v Německu. Dále jsme už jen přejeli do nedalekého Mnichova, kde jsme přespali. Ráno nás čekal den v Mnichově. Strávili jsme ho v Deutsches Museum, jednom z největších muzeí techniky na světě. Popravdě jsme tam byli asi 6 hodin, ale i tak jsme tam chtěli zůstat ještě déle. Čekal na nás však už večerní Mnichov s prohlídkou sídla BMW a ti odvažnější z nás mohli i na Olympijskou věž.



Studentka MFF UK, která působí v CERNu, vysvětluje účastníkům princip urychlování.