

1/2018

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS **PRO FYZIKU**

VĚDECKO-POPULÁRNÍ ČASOPIS ČESKÝCH A SLOVENSKÝCH FYZIKŮ / recenzovaný dvouměsíčník



Novinky v detekci
gravitačních vln

Nobelovské
přednášky 2016:
Topologické materiály

Století kosmologické
konstanty

Jak Kepler dospěl
ke svým zákonům

Rozpínání vesmíru
a měření poloměru
hvězd v úlohách
48. MFO

Reportáž z oslavy
sta let České
astronomické
společnosti



Fyzikální ústav Akademie věd České republiky, v. v. i., Praha
<http://ccf.fzu.cz>

svazek 68

Kleinova láhev

(Kleinsche Flasche) je přibližnou realizací Kleinovy plochy (Kleinsche Fläche) – geometrického útvaru, který si lze zjednodušeně představovat jako uzavřenou nádobu, jež nemá vnitřek ani vnějšek. Podobá se tak známé Möbiově pásce – dvoudimenzionální (2D) ohraničené ploše, která má pouze jednu stranu. Vytvoříme ji jednoduše tak, že proužek papíru stočíme „do vrutule“ a slepíme – to znamená, že tento 2D objekt můžeme realizovat pouze v trojrozměrném (3D) či vyšším prostoru. Dokonalá Kleinova plocha (z hlediska matematiky je to příklad dvojrozměrné variety) nemá, na rozdíl od Möbiovy pásky, hranici a mohla by se realizovat pouze ve čtyřrozměrném prostoru (a vyšších dimenzích). Kleinova láhev je tedy pouze přibližnou (3D) realizací – plocha se musí sama se sebou protínat, aby byla realizovatelná v našem prostoru. U Kleinovy láhve nelze rozhodnout, který bod prostoru je venku a který uvnitř (představíme-li si mravence, který chodí po povrchu, tak může přijít na jakýkoliv bod plochy z obou stran) – tato vlastnost se v topologii nazývá neorientovatelnost.



Kleinova plocha a láhev jsou pojmenovány po německém matematikovi *Felixi Kleini*, který je roku 1882 jako první popsal. Láhev na fotografii pochází ze série Kleinových láhví, které byly vyrobeny ve sklárně DT Glass (www.dtglass.cz) na zakázku pro Matematicko-fyzikální fakultu Univerzity Karlovy (video o výrobě láhve najdete na <https://www.youtube.com/watch?v=4vOyFxFxVicLE>). Vedení fakulty ji používá jako ocenění nebo výjimečný dar.

Felix Christian Klein

(1849–1925) byl vynikající německý matematik a pedagog, který se zabýval především geometrií (zejména neeukleidov-

skou), teorií grup a teorií funkcí. Studoval matematiku a fyziku na univerzitě v Bonnu. Doktorát získal v roce 1868 pod vedením Julia Plückera. Potom spolupracoval s Alfredem Clebschem, který mu pomohl získat místo profesora v Erlangenu. Zde po svém nástupu roku 1872 Klein formuloval tzv. *Erlangenský program*, jehož hlavní myšlenkou je studovat jednotlivé geometrické struktury pomocí jejich symetrií a invariantů, a tak docílit hlubšího propojení geometrie s algebrou. Tento program výrazně ovlivnil rozvoj matematiky a fyziky ve dvacátém století. Na Technické univerzitě v Mnichově, kde působil mezi lety 1875 a 1880, patřili mezi jeho žáky A. Hurwitz, M. Planck a A. Sommerfeld. Následně pracoval na univerzitách v Lipsku a později v Göttingenu, kde vytvořil jedno z nejvýznamnějších center matematiky. Od roku 1900 se Klein významně angažoval v problematice výuky matematiky na středních školách – zavedl například vyučování diferenciálního a integrálního počtu. Byl editorem *Mathematische Annalen*, které se pod jeho vedením staly předním matematickým časopisem.

Abstracts of review articles

T. Ledvinka and J. Bičák:

What have gravitational waves brought

Abstract: The latest observation of gravitational waves has finalized the creation of a “new window into the universe” leading to the Nobel prize being awarded to leaders of the project. Seven observations of waves produced by black-hole collisions are reviewed as well as one corresponding to the merger of neutron stars. An electromagnetic counterpart was observed and multi-messenger astronomy was born.

F. Duncan M. Haldane:

Topological quantum matter (Nobel lecture)

Abstract: Nobel Lecture, presented on December 8, 2016, at Aula Magna, Stockholm University. This article describes the history and background of three discoveries cited in this Nobel Prize: The “TKNN” topological formula for the integer quantum Hall effect found by David Thouless and collaborators, the Chern insulator or quantum anomalous Hall effect, and its role in the later discovery of time-reversal invariant topological insulators, and the unexpected topological spin-liquid state of the spin-1 quantum antiferromagnetic chain, which provided an initial example of topological quantum matter. This article summarizes how these early beginnings have led to the exciting, and currently extremely active, field of “topological matter.”

F. John Michael Kosterlitz:

Topological defects and phase transitions (Nobel lecture)

Abstract: Nobel Lecture, presented on December 8, 2016, at Aula Magna, Stockholm University. In his lecture F.J.M. Kosterlitz described theoretical discoveries of topological phase transitions and topological phases of matter, partially on behalf of the main researcher behind those discoveries, David Thouless, who was not able to give the talk. First, the history of the collaboration between Kosterlitz and Thouless was briefly described. Then, a summary of their contribution to applications of topology to classical ($\hbar = 0$) Berezinskii-Kosterlitz-Thouless or BKT phase transition was described.

Petr Slaný, Zdeněk Stuchlík:

A century of the cosmological constant

Abstract: In 2017, 100 years elapsed since the introduction of the cosmological constant into the equations of general theory of relativity. In this paper we show which role the cosmological constant played in the beginning, what its status is today, and when it became a commonly accepted part of the physical description of reality as a suitable representative of the vacuum energy or, more generally, the so-called *dark energy* responsible for the current accelerated expansion of our universe. Finally, we discuss possible astrophysical manifestations of the cosmological constant.

Vladimír Štefl:

How Kepler came to the first two laws in Astronomia nova

Abstract: Kepler’s *Astronomia nova* is one of the most important astronomical texts ever written. It contains what are known today as Kepler’s first two laws of planetary motion. Kepler created a new approach to astronomy, physics of the heavens, based upon an examination of the motion of Mars, which is moving around the Sun on an elliptical path. The interpretation of the motion of Mars was not based only on geometrical demonstrations but also on a physical magnetic hypothesis.

Jan Valenta:

Czech reviews on progress of physics in years 1901–1914

Abstract: At the beginning of the 20th century the task of reviewing all available literature across different scientific fields was initiated by professor Rayman, the general secretary of the Czech Academy of Emperor Franz Joseph for Science, Literature and Arts (CASLA). The first review for 1901 (in Czech language) appeared in the CASLA Bulletin during 1902. However, later, until the 1914 review, which was partially published in 1916, the reviews only consisted of physics reports. Usually, about five authors wrote the physical review covering different fields. Beginning in 1903, the review was also published as a separate book. The first 10 years of physical reviews referenced about 15 thousands papers from all available global literature.

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU

1/2018

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: únor 2018

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:

Jan Valenta

Výkonná redaktorka:

Eva Klimešová

Oboroví redaktori – Associate Editors:

Jaroslav Bielčík, Pavel Cejnar, Juraj Fedor,
Jiří Limpouch, Jan Mlynář, Karel Rohlena,
Štěpán Stehlík, Alena Šolcová, Ivan Zahradník

Redakční rada – Editorial Board:

Ivo Čáp, Stanislav Daniš, Pavel Demo, Ivan Gregora,
Libor Juha, Jan Kříž, Štefan Lányi, Jana Musilová,
Fedor Šimkovic, Aleš Trojánek

Sekretariát redakce –

Editorial Office Administration:

Ondra M. 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

Tisk: Grafotechna plus, 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 zařazen na Seznam recenzovaných
neimpaktovaných periodik vydávaných v ČR.

Registrace: MK ČR E 3103,
ISSN 0009-0700 (Print),
ISSN 1804-8536 (Online).
Copyright © 2018

Institute of Physics of the ASCR, v. v. i.



Úvodník



Vážené čtenářky a kolegyně, vážení čtenáři a kolegové,

jistě jste si povšimli, že došlo ke změně fotografie v záhlaví této stránky, z níž už na vás nehledí Libor Juha, jak tomu bylo po deset let. Někoho napadne, že by mohlo jít o jednorázové „hostování“ jiného editora, ale opak je pravdou. Přijal jsem úkol zastávat roli vedoucího redaktora.

Nejprve chci poděkovat Liborovi, že dokázal tento časopis pozvednout a proměnit v reprezentativně a moderně působící médium, které má i svou digitální podobu, jak si doba žádá. Díky němu a práci celé redakce se dařilo vydávat časopis bez významných skluzů a naplňovat jej hodnotným obsahem. Nebylo to a není, jak jsem se už přesvědčil, nic samozřejmého a jednoduchého. Liborovi také srdečně děkuji za pozvolné předávání „štafetového kolíku“ a stálou pomoc v začátcích mého působení.

Přijmout nabídku vést tento časopis nebylo snadné. Jako většina vědců „středního“ věku jsem v zásadě zcela vytížen – však to znáte –, takže popis práce současného badatele vynechám. Něco se bude muset obětovat, všechno optimalizovat... a zvládnout i tento nový úkol. Motivací je mi víra, že náš žlutý časopis je důležitý pro českou a slovenskou fyzikální komunitu a je třeba jej udržet a dále rozvíjet.

Časopis by se dal možná přirovnat k živoucímu organismu nebo složitému stroji, i když každé to přirovnání pokulhává. Rozhodně to však není *perpetuum mobile*. Jeho fungování vyžaduje přísun článků, financí, energie – a výstupem jsou pravidelně se objevující nová čísla. Mechanismus stroje lze vhodně nastavit a seřadit, a pak může šlapat jako hodinky. V případě časopisu však veškeré tohle úsilí musí mít nějaký smysl. Není jím pouhé generování nových výtisků pro udržení tradice a zaplnění knihovny. Náš časopis musí sloužit zdejší fyzikální komunitě, která o něj musí jevit zájem a přetvářet si jej podle svých potřeb. Rád bych tedy, aby žlutý časopis byl touto komunitou, již přináší informace o aktuálním dění, nových projektech, objevech, konferencích, vědní politice, činnosti v odborných společnostech, fyzikálním vzdělávání, přístrojích, osobnostech, výročích, historii exaktních věd atd., chápán jako užitečné médium.

Obracím se tedy na vás, vážené kolegyně a kolegové, abyste vyjádřili svůj zájem o existenci žlutého časopisu posláním různých námětů a článků, a případně se také zapojili do chodu časopisu jako oboroví redaktori nebo hostující editoři speciálních tematických čísel či sérií článků. Časopis je tu pro vás.

Jak jsem již napsal výše, přebírám jej od Libora Juhy ve výborném stavu. Podle základního fyzikálního pravidla „nesahej na nic, co funguje“ bych měl fungující mechanismus jen „promazávat“. Nicméně všichni víme, že při striktním uplatňování uvedeného pravidla bychom nedošli k ničemu novému. Budu se tedy snažit změny zavádět, ale pozvolna, aby se stroj nezasekl a ze žlutého časopisu se nestala žlutá ponorka. Některé první změny uvidíte už v tomto prvním, tradičně nobelovském čísle.

Přeji vám všem úspěšný rok 2018, plný skvělých nápadů, experimentů, objevů, vynálezů, článků, přednášek, inspirativních zážitků... a dalších důvodů k radosti.

Inspirován detekcí gravitačních vln, napadá mě závěrečné motto: *Svět je plný signálů, jen se musíme naučit je detekovat a porozumět jejich významu.*

Jan Valenta

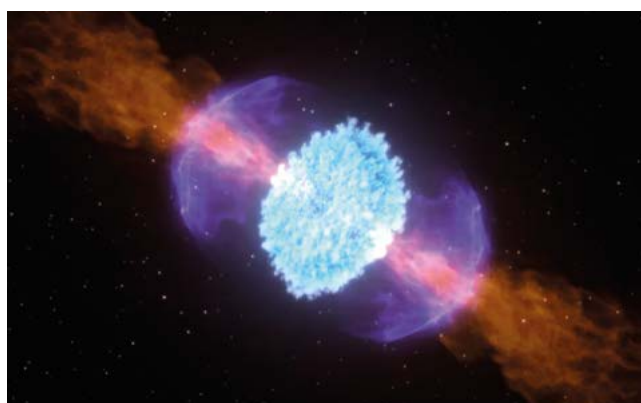
Obsah

AKTUALITY

Co přinesly gravitační vlny

4

Tomáš Ledvinka, Jiří Bičák



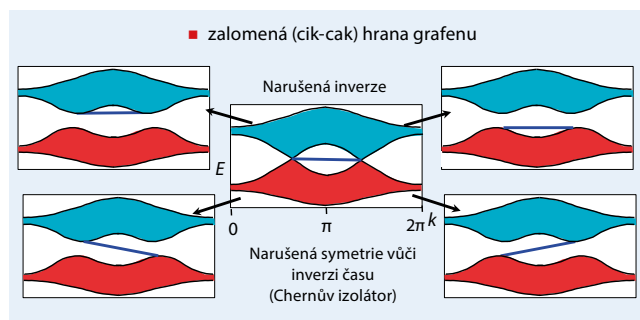
REFERÁTY

Topologická kvantová hmota

11

Přednáška u příležitosti udělení
Nobelovy ceny za fyziku za rok 2016

F. Duncan M. Haldane



REFERÁTY

Topologické defekty a fázové přechody

21

Přednáška u příležitosti udělení
Nobelovy ceny za fyziku za rok 2016

John Michael Kosterlitz



NOBELOVA CENA ZA FYZIKU 2016

Proslov F. Duncana M. Haldana
na banketu u příležitosti udělení NC

27

Životopisy laureátů NC 2016

28

Interview: F. Duncan M. Haldane,
Michael Kosterlitz

30

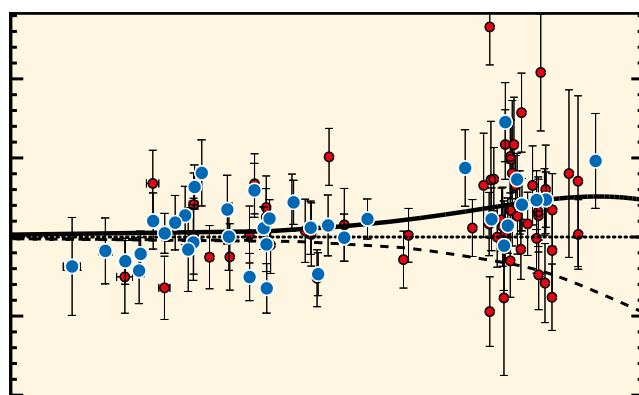


REFERÁTY

Století kosmologické konstanty

32

Petr Slaný, Zdeněk Stuchlík

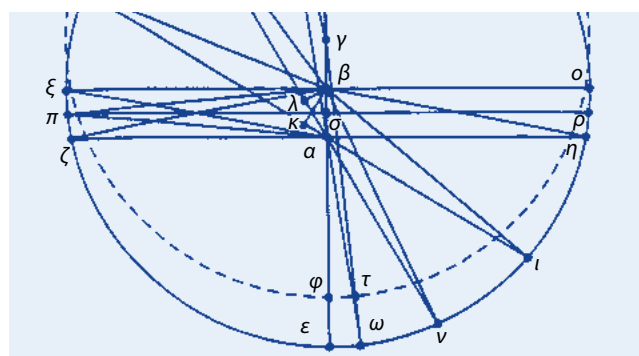


HISTORIE FYZIKY

Jak Kepler dospěl k prvním dvěma zákonům v *Astronomia nova*

41

Vladimír Štefl



Obrázek na obálce: Kleinova láhev (Kleinsche Flasche).

Více viz text na druhé straně obálky.

Menší vložený obrázek: Zlatá medaile Nobelovy ceny s reliéfním obrazem Alfreda Nobela z profilu. Více na str. 11–31.

FYZIKA PŘED ~111 LETY

České přehledy pokroků světové fyziky za léta 1901–1914

51

Jan Valenta



Přehledů pokroků fyziky Mechanika – Gravitace

54

František Nachtikal

MLÁDEŽ A FYZIKA

Trojkrálové stretnutie mladých slovenských a českých fyziků a matematiků

60

Jaroslav Bielčík, Marek Bombara



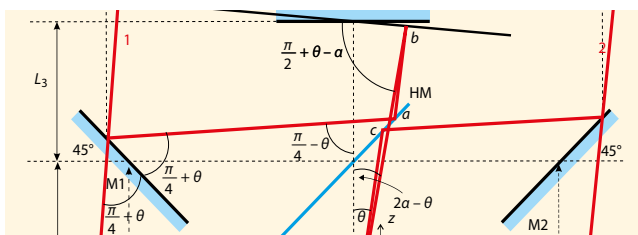
MLÁDEŽ A FYZIKA

Rozpínání vesmíru a interferometrické měření poloměru hvězd

61

na 48. mezinárodní fyzikální olympiádě
v Indonésii

Ľubomír Konrád, Jan Kříž, Filip Studnička,
Bohumil Vybíral



MLÁDEŽ A FYZIKA

Týden s aplikovanou fyzikou: Ve znamení radioaktivity!

68

Pavla Rudolfová



ZPRÁVY

Den s Astropisem a Kopalova přednáška 2017

70

Vladimír Kopecký Jr.



REPORTÁŽ

„Na slovíčko, pane profesore Nušle...“ aneb Reportáž z oslav 100. výročí založení České astronomické společnosti

72

Jana Žďárská



Co přinesly gravitační vlny

Tomáš Ledvinka, Jiří Bičák

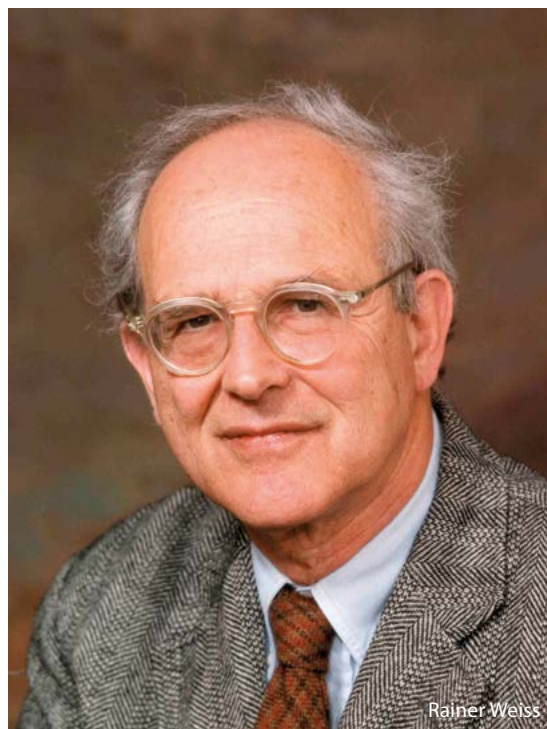
Ústav teoretické fyziky MFF UK, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8

Zprávy o sedmi srážkách černých děr, jednoho páru neutronových hvězd a Nobelově ceně za fyziku

Detekce gravitačních vln se ukázala být během na opravdu dlouhou trať, a právě poslední měsíce přinesly svého druhu finále – závěr druhé pozorovací kampaně detektoru Advanced LIGO (*Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory*), pozorování srážky dvou neutronových hvězd a Nobelovu cenu za fyziku za rok 2017. Gravitační vlny jsou předpovědí Einsteinovy obecné teorie relativity, která z fixního prostoročasu speciální relativity učinila pružné médium, jehož deformace se mohou v podobě vln šířit rychlostí světla do okolí. Míra deformací prostoročasu, jež vznikají přítomností hmoty, má v nejjednodušším podání podobný charakter jako relativní deformace tělesa, jakou známe z Hookova zákona. Deformovat prostoročas není ovšem snadné. Jeho statické deformace h , řekněme poblíž nějaké planety, souvisejí v nejhrubším přiblížení s kvadrátem únikové rychlosti vyjádřené v jednotkách rychlosti světla. Na povrchu Země tak máme $11 \text{ km/s} \sim 0,00004 c$ a tedy $h \sim 10^{-9}$. Z obecné teorie relativity vyplývá, že silné gravitační vlny vznikají až při nejextrémnějších pohybech hmoty, jaké se i v kosmickém měřítku odehrávají jen zřídka, a tak, když k nám vlny doputují, jejich amplituda je typicky nanejvýše $h \sim 10^{-21}$. Zdroji nyní pozorovaných vln jsou přitom opravdu kompaktní objekty – například neutronové hvězdy s hmotnostmi okolo 1,5 hmotnosti slunce, $M_\odot$, které na konci svého života dokážou vzdorovat gravitaci, až když jejich látka dosáhne hustoty atomového jádra (takže mají průměr asi 30 kilometrů). A pak černé díry. Vznikají gravitačním kolapsem hmot, kterým žádné negravitační síly vzdorovat nedokážou. Jejich existence vyplývá z Einsteinovy teorie gravitace a jsou to místa, která se oddělila od zbytku světa, protože u nich deformace prostoročasu (nebo intuitivněji ona úniková rychlost) překročila kritickou mez a světlo ani jiní poslové je již nemohou opustit. V takové situaci už neplatí linearizovaná teorie gravitace a proměřování vlastností černých děr při jejich srážkách představuje lákavou možnost důkladně ověřit Einsteinovy rovnice gravitace, na něž dnes spoléháme, například při výzkumu raného vesmíru.

Nobelova cena

Jako první ze zmiňovaných událostí se budeme věnovat udělení Nobelovy ceny za rok 2017, jejíž zdůvodnění zní „Za rozhodující příspěvek k detektoru LIGO a pozorování gravitačních vln“. Dva z laureátů, K. Thorne a R. Weiss, společně s R. Dreverem (zesnulým v březnu 2017) jsou autory celého projektu a stáli v jeho čele v letech 1984 až 1987, tedy v době, kdy vznikala jeho



Rainer Weiss

vědecká podoba. Během této etapy prokázali schůdnost interferometrické detekce gravitačních vln a zvládnutí příslušných technologií na čtyřicetimetřovém prototypu detektoru. B. Barish pak vedl LIGO v letech 1994–2001, kdy probíhala stavba první verze detektorů. Za jednu z jeho zásluh je považováno angažování mnoha stovek spolupracovníků. To, že se na konečném úspěchu LIGO podílelo velké množství dalších lidí, bylo dobře patrné i z podoby nobelovské přednášky, ve které laureáti zmínili asi dvě desítky jmen svých kolegů (některá uvedeme dále). Podrobný popis počátků LIGO lze nalézt v [1]. První detekci gravitačních vln se věnoval i tento časopis [2].

Rainer Weiss, emeritní profesor na Massachusetts Institute of Technology (MIT), se přesným měřením věnoval již od začátku svých studií na MIT. Jedny z jím konstruovaných atomových hodin měly sloužit k měření vlivu gravitace na plynutí času, jak jej popisuje Einsteinova obecná teorie relativity. Později se na Princetonu zabýval konstrukcí velmi citlivého gravimetru, který by umožnil detekovat jistou formu skalárních gravitačních vln vyplývajících z jedné z alternativních teorií gravitace. V roce 1964 založil na MIT skupinu pro experimentální výzkum gravitace, prvním ze stu-

Nobelova cena
za fyziku 2017



Topologická kvantová hmota

Přednáška u příležitosti udělení Nobelovy ceny za fyziku za rok 2016

© The Nobel Foundation 2016

F. Duncan M. Haldane

Department of Physics, Princeton University, Princeton, New Jersey 08544-0708, USA

Stím, co nyní známe jako „topologické kvantové stavy“ pevných látek, jsme se poprvé setkali kolem roku 1980 v souvislosti s experimentálním objevem celočíselného [1] a později i zlomkového [2] kvantového Hallova jevu (QHE – *Quantum Hall Effect*) v dvojrozměrných elektronových systémech v polovodičových součástkách a teoretického objevu kvantově provázaného (*entangled*) stavu spinové kapaliny se zakázaným pásem u „kvantových spinových řetězců“ s celočíselným spinem [3, 4, 5], který byl později experimentálně potvrzen [6] v krystalech molekuly NEPN s organickým řetězcem. Společnou vlastností těchto objevů byla jejich neočekávanost a překvapení, které vyvolaly: nezapadaly totiž do tehdy přijatého paradigmatu „fyziky kondenzované hmoty“ (do té doby známé jako „fyzika pevných látek“). Tehdy nebylo zřejmé, že by mezi těmito oběma překvapujícími objevy mohla být nějaká souvislost. Dnes však, zejména po publikaci „klasifikačních“ prací Xiao-Gang Wena [7], chápeme, že jejich společnou vlastností je, že se týkají „topologicky netriviálních“ provázaných stavů hmoty, které jsou fundamentálně odlišné od do té doby známých „topologicky triviálních“ stavů. Tato skutečnost je hlavní příčinou jejich neočekávaných vlastností.

Topologie je matematická disciplína, původně používaná ke klasifikaci tvarů trojrozměrných objektů, jako např. fotbalových míčů, míčů pro ragby (americký fotbal), hrnků na kávu (bez ouška), které jsou topologicky triviálními povrchy bez děr, ale také objektů jako preclíků, věnečků a kávových hrnečků s ouškem, což jsou „ netriviální povrchy“ s jednou nebo několika dírami. Mravenec lezoucí po takovém netriviálním povrchu se může pohybovat po uzavřené dráze (jejíž začátek a konec leží ve stejném bodě), kterou nelze hladce redukovat na malou kružnici kolem nějakého bodu na povrchu. Tyto originální topologické ideje byly matematiky významně zobecněny a abstrahovány, ale ústřední myšlenka, že věci jsou topologicky ekvivalentní jen tehdy, mohou-li být hladce transformovány jedna v druhou, zůstává stále platná. Podstatnou vlastností je, že různé topologie jsou klasifikovány celými čísly, jako počet děr na povrchu, které se také nemohou spojitě měnit.

Provázání¹ (*entanglement*) je ústřední vlastnost kvantové mechaniky: je-li stav systému popsán pro-

střednictvím kvantových stavů jeho částí (je-li například prostorově oddělen na dvě poloviny), pak měření vlastnosti lokalizované v jedné z obou polovin ovlivní stav druhé poloviny systému. Topologie „topologických stavů hmoty“, oslavená udělením této Nobelovy ceny, je abstraktnější než tvary všedních objektů, jako např. fotbalových míčů a kávových šálků, rozlišuje však různé typy kvantového provázání, které nelze navzájem hladce transformovat, snad proto, že jsou respektovány některé ochranné symetrie. V takovém případě má kvantový stav „topologicky triviální“ provázání, lze-li jej hladce transformovat na stav, v němž každá část systému je v nezávislém stavu a měření v jedné jeho části nemá žádný vliv na ostatní části systému (to se nazývá produktovým stavem). V případě kvantových spinových systémů (popis nekovových magnetů) se ukázalo, že téměř všechny do té doby teoreticky popsané stavy jsou topologicky triviální, takže pro překvapující vlastnosti netriviálního topologického stavu neexistoval žádný precedens.

Nějaký čas trvalo, než se dospělo k obecnému porozumění, že se před námi otevírá celá velká třída nových *topologických stavů hmoty*. Jedním z raných milníků na této cestě byl objev Davida Thoulesse [8] a jeho spolupracovníků Mahita Kohmota, Marcela den Nijsa a Petera Nightingala (TKNN) – pozoruhodná formule, kterou matematický fyzik Barry Simon [9] brzy identifikoval jako *první invariant Chernovy* třídy z abstraktní matematické topologie tzv. vláknových svazků $U(1)$, v zásadní souvislosti se současným vývojem *adiabatické kvantové fáze*, kterou v roce 1983 objevil Michael Berry [10]. Poněvadž zde také prezentuji část práce, která přinesla letošní Nobelovu cenu Davidu Thoulessovi, pojednám zde nejprve o ní a začnu s popisem kvantového Hallova jevu, za nějž již byly uděleny Nobelovy ceny dvě, a to v letech 1985 a 1998.

V přítomnosti homogenního magnetického pole o hustotě toku B se elektrony s nábojem $-e$, vázané na dvojrozměrnou plochu, kterou magnetické pole prochází, pohybují v kruhových *Landauových orbitech*. Podle kvantové mechaniky vede tento periodický pohyb na diskretní množinu hodnot energií elektronů, která se nazývá *Landauovy hladiny*. V nejjednodušším modelu těchto Landauových hladin je perioda kruhového pohybu $T = 2\pi/\hbar\omega_c$ nezávislá na poloměru

parabolní. Díky této korelaci akce nebo měření vykonané na jednom ze systémů mají efekt na systému druhém (podle Wikipedie).



F. Duncan M. Haldane
Foto: A. Mahmoud

Nobelova cena
za fyziku 2016



¹ Pozn. překladatele: Kvantové provázání (*quantum entanglement*) v kvantové mechanice představuje stav, při kterém jsou stavy jednotlivých podsystemů většího systému navzájem korelovány a Hilbertův prostor je lineárně nese-

Topologické defekty a fázové přechody

Přednáška u příležitosti udělení Nobelovy ceny za fyziku za rok 2016

© The Nobel Foundation 2016

John Michael Kosterlitz

Department of Physics, Brown University, Providence, Rhode Island 02912, USA

Úvod

Je mi velkou ctí hovořit k vám dnes o teoretických objevch topologických fázových přechodů a topologických fázích hmoty. Poněvadž hlavní postava – David Thouless – zde dnes promluvit nemůže, byly požádány dvě méně významné postavy – Duncan Haldane a já –, aby promluvíly za Davida. Je to velmi znepokojivý úkol, který mě dlouhou dobu trápil, protože jsem se k němu necítil povolán. Čas rozhodování však nakonec vypršel a já jsem byl nucen něco relevantního vyprodukovat. A tak jsem se rozhodl začít s vyprávěním o své nejranější zkušenosti s Davidem a o tom, jak jsme pak skončili jako spolupracovníci na problému, který nakonec získal cenu. Pak shrnu své porozumění jeho klíčovým příspěvkům k aplikaci topologie na klasický ($\hbar = 0$) Berezinského–Kosterlitzův–Thoulessův (BKT) fázový přechod. David pracoval na mnoha dalších aplikacích topologie na kvantově mechanické systémy, jakým je např. Hallův jev, a Duncan Haldane o nich bude ještě mluvit.

Moje první zkušenost s Davidem Thoulesssem se odehrála v roce 1961, kdy jsem byl studentem prvního ročníku na univerzitě v Cambridgi. Seděl jsem tehdy ve velké přednáškové síni na úvodních přednáškách z matematiky pro fyziky, kde jsme čekali, až se objeví učitel, který nás „osvítí“. Náhle vešel do posluchárny mladý muž, který byl evidentně příliš mlád na tento pokročilý kurz. Bylo zřejmé, že vešel do nesprávné posluchárny. K našemu údivu se zastavil před lavicemi a začal hovořit o různých komplikovaných matematických problémech, se kterými se moje třída buď nikdy předtím nesetkala, nebo jim vůbec nerozuměla. Brzy bylo zřejmé, že před třídou stála mysl, která fungovala na jiné úrovni než mysl posluchačů. Moje pozdější zkušenosti s Davidem tento můj původní dojem jen posílily. K příštímu setkání s ním došlo v roce 1971 na oddělení matematické fyziky na univerzitě v anglickém Birminghamu, kde jsem náhodou působil jako postdoktorand ve fyzice vysokých energií. Po roční frustraci jsem se ohlížel po nějakém novém řešitelném problému a David mě zavedl do nového světa topologie a fázových přechodů ve dvojrozměrných systémech.

Pokud jde o mne, studium topologických excitací začalo v roce 1970, kdy jsem byl postdoktorandem

v oddělení fyziky vysokých energií v *Istituto di Fizika Teorica* při univerzitě v italském Turínu. Jako velmi nesystematický člověk jsem zapomněl včas poslat svoji žádost o místo v CERNu (Ženeva), a tak jsem se na další rok ocitl bez zaměstnání. Po odpovědích na několik inzerátů v britských novinách mi bylo nabídnuto postdoktorandské místo v oddělení matematické fyziky na Birminghamské univerzitě v Anglii. Nechtělo se mi odjet do Birminghamu, který byl tehdy velkým průmyslovým městem v ploché krajině střední Anglie, kde se vyrábělo mnoho automobilů a nákladáků. Jistě to pro mne nebylo ideální místo k životu, avšak spolu s přítelkyní jsme se nakonec rozhodli, že to bude lepší alternativa než nezaměstnanost. Během prvního roku pobytu v Birminghamu jsem pokračoval v některých náročných výpočtech v teorii polí, měl jsem však nešťastnou zkušenost. Právě jsem se chystal sepsat své výpočty pro publikaci, když se na mém stole objevil preprint od skupiny v Berkeley, která se zabývala stejným problémem. Když se to opakovalo potřetí, ztratil jsem veškeré iluze. V zoufalství jsem bloumal po oddělení a hledal nějaký řešitelný problém v libovolné oblasti fyziky. Zašel jsem do pracovny Davida Thoulesse a vyslechl jsem od něj popis několika nových představ a pojmů – topologie, víry v supratekutinách a dislokace ve dvojrozměrných krystalech apod. Moje znalosti statistické mechaniky byly téměř nulové, protože jsem tyto přednášky vynechal jako irelevantní pro fyziku vysokých energií, kterou jsem považoval za jediný zajímavý fyzikální obor. Ke svému překvapení mi však Davidovy představy připadaly smysluplné, protože byly nové, zcela jiné a zdálo se mi, že stojí za úvahu. Začali jsme pracovat na problému fázových přechodů zprostředkovaných topologickými defekty, což pro moji neškolnou mysl vypadalo jen jako jiná aplikace teoretických myšlenek, a tedy to stálo za úvahu. Málo jsem věděl, jak rozmanité a důležité budou tyto myšlenky a jejich aplikace v příštích desetiletích a kam až nás zavedou.

V tomto bodě bych chtěl promluvit o Davidově vitálním příspěvku k našemu porozumění dvojrozměrným fázovým přechodům. Jednou z našich motivací volby dvou dimenzí byla naše představa, že život je tam snazší než ve třech rozměrech. David už měl za sebou



J. Michael Kosterlitz
Foto: A. Mahmoud

Nobelova cena
za fyziku 2016



Životopisy laureátů Nobelovy ceny za fyziku pro rok 2016

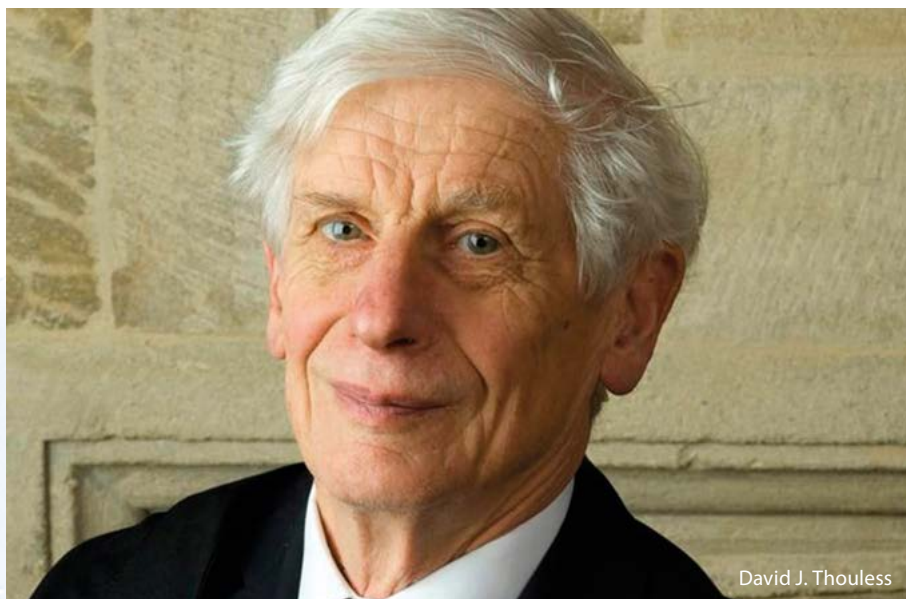
DAVID JAMES THOULESS

Britský teoretický fyzik D. J. Thouless se narodil 21. září 1934 ve skotském městě Bearsden (nedaleko Glasgow). Studoval nejprve na Winchester College a studium fyziky absolvoval na slavné Trinity Hall University of Cambridge (1955). Doktorská studia pak absolvoval na druhé straně Atlantského oceánu na Cornell University (1958), kde byl jeho školitelem Hans Bethe (pozdější laureát Nobelovy ceny). Poté se Thouless přesunul na západ USA a působil jako postdoktorandský pracovník v Lawrence Berkeley laboratoři na Kalifornské univerzitě v Berkeley (1958–59). Následně se vrátil do Británie, kde byl prvním ředitelem Churchill College v Cambridgi (1961–65). Potom působil jako profesor matematické fyziky na Univerzitě v Birminghamu (1965–78), na pracovišti vedeném Rudolfem Peierlsem, a zde také začala Thoulessova spolupráce s Michaellem Kosterlitzem. S ním publikoval roku 1973 přelomovou práci, která popisovala zajímavé jevy v tenkých vrstvách (2D materiálech), jež lze vysvětlit pouze s použitím topologických metod. Společně ukázali, že supravodivost může nastat i v dvoudimenzionálních materiálech (tzv. Kosterlitzův–Thoulessův přechod).

Dále působil opět na druhé straně oceánu, kde se stal profesorem aplikovaných věd na Yale University, New Haven, Connecticut



David Thouless v roce 1980.



David J. Thouless

(1979–80), a profesorem fyziky na Washingtonské univerzitě v Seattlu od roku 1980 (odešel do penze roku 2003, ale dodnes je uváděn jako emeritní profesor). Jeho manželka Margaret zde působila v oblasti patobiologie (1980–2004). V Seattlu Thouless se spolupracovníky vypracoval vysvětlení kvantového Hallova jevu v tenkých vrstvách (který experimentálně prokázal jiný laureát Nobelovy ceny Klaus von Klitzing).

Během své vědecké kariéry zaznamenal D. J. Thouless mnoho významných příspěvků k teorii mnohočásticových problémů, jaderné fyzice, statistické mechanice, teorii amorfních látek a zejména topologických systémů. Je autorem knih *Quantum Mechanics of Many-Particle Systems* (první vydání 1961) a *Topological Quantum Numbers in Nonrelativistic Physics* (1998).

Jeho vědecké úspěchy byly oceněny zvolením za člena Britské královské společnosti (Royal Society), Americké fyzikální společnosti, Americké akademie věd a umění a U. S. Akademie věd. Roku 1990 získal Wolfovu cenu, dále medaili Paula Diraca (1993) od britského Institute of Physics a cenu Larse Onsagera od Americké fyzikální společnosti (2000). A konečně polovinu Nobelovy ceny za fyziku 2016 za „teoretické objevy topologických fázových přechodů a topologických fází materiálů“ (Pro onemocnění de-

menci nebyl nicméně schopen nobelovskou přednášku přednést.).

Zdroje

https://en.wikipedia.org/wiki/David_J._Thouless

<https://www.birmingham.ac.uk/news/latest/2016/10/former-birmingham-scientists-nobel-prize.aspx>

<http://www.washington.edu/news/2016/10/04/>

JOHN MICHAEL KOSTERLITZ

Narodil se ve skotském Aberdeenu 22. června 1943 do rodiny židovských emigrantů



Michael Kosterlitz v roce 1962 na univerzitě v Cambridgi.

Století kosmologické konstanty

Petr Slaný, Zdeněk Stuchlík

Ústav fyziky a Centrum teoretické fyziky a astrofyziky, Filozoficko-přírodovědecká fakulta, Slezská univerzita v Opavě, Bezručovo nám. 13, 746 01 Opava

V roce 2017 uplynulo 100 let od zavedení kosmologické konstanty do rovnic obecné teorie relativity.

V referátu ukazujeme, jakou roli hrála kosmologická konstanta na počátku a jaký je její status dnes, kdy se stala běžně přijímanou součástí fyzikálního popisu reality jako vhodný představitel energie vakua či obecně tzv. *temné energie* zodpovědné za současnou urychlovanou expanzi našeho vesmíru. Na závěr diskutujeme možné astrofyzikální projevy kosmologické konstanty.

Na konci roku 2015 jsme si připomínali sto let od formulace základních rovnic obecné teorie relativity – Einsteinovy teorie gravitace, která stále patří mezi největší intelektuální počiny, jichž lidská mysl kdy dosáhla. Toto významné výročí bylo navíc ozdobeno prvním úspěšným přímým pozorováním gravitačních vln na observatoři LIGO, přičemž pozorovaný signál bylo možné vysvětlit jako důsledek závěrečné fáze splnutí dvou černých děr o hmotnostech 36 a 29 slunečních hmotností $M_{\odot}$ ($1 M_{\odot} = 1,99 \cdot 10^{30}$ kg), které vedlo ke vzniku jediné černé díry o hmotnosti 62 $M_{\odot}$. Rozdíl 3 $M_{\odot}$ ve hmotnostech odnesly právě gravitační vlny, jejichž průchod Zemí 14. září 2015 LIGO zachytilo [1].¹ Podle obecné teorie relativity je gravitace chápána jako projev zakřivení prostoročasu způsobeného hmotou a energií; gravitační vlny jsou pak změny šířící se prostoročasem v jeho geometrii, které jsou vyvolány např. nesymetrickými změnami v rozložení hmoty. Došlo tak k dalšímu potvrzení předpovědi obecné relativity, tentokrát na poli silné gravitace. Na prémiovou detekci posléze navázala další úspěšná pozorování podobných událostí s účastí jak černých děr, tak i neutronových hvězd [2], takže dnes můžeme říci, že po sto letech od učinění teoretické předpovědi lidstvo otevřelo nové, tentokrát gravitační okno do vesmíru.

Kosmologická konstanta v původní formulaci rovnic obecné teorie relativity chyběla a byla do nich zavedena Albertem Einsteinem až v roce 1917, a to z čistě pragmatických důvodů [3]. Einstein si uvědomil, že jeho teorie by měla dát odpověď i na otázku, jaká je geometrie celého vesmíru, tedy jak prostor a čas reagují na rozložení hmoty a ostatních forem energie ve vesmíru na škálách, které významně přesahují místní nehomogenity.² V duchu znalostí počátku 20.

století přitom očekával, že kýžené řešení jeho rovnic pro vesmír bude statické, umožňující časově nekonečnou a na velkých škálách neměnnou existenci vesmíru. Takové řešení ovšem rovnice z roku 1915 neobsahovaly. Důvod byl v tom, že gravitační působení hmoty je vždy přitažlivé. Einstein proto přidal do rovnic kosmologický člen, který reprezentuje novou odpudivou (repulzivní) sílu, jež při vhodném nastavení *kosmologické konstanty* Λ přesně vyrovná gravitační přitažlivost hmoty a vesmír tak zůstane statický. Zavedení kosmologického členu do rovnic obecné teorie relativity bylo zcela v souladu s původními principy, na nichž byla teorie vystavěna, ačkoliv sám Einstein později přiznal, že „zavedení kosmologické konstanty znamenalo značné narušení logické jednoduchosti teorie“ (citováno v [4]). V dalším textu si ukážeme, že i přes následnou, nejen Einsteinovu skepsi si kosmologická konstanta našla své pevné místo v teorii a při popisu současných kosmologických pozorování hraje stěžejní roli. V závěru pak naznačíme i její možné astrofyzikální projevy.

Einsteinův statický vesmír

Při popisu vesmíru na velkých škálách se většinou odvoláváme na zobecněný Koperníkův princip, podle něž ve vesmíru neexistuje význačné místo ani význačný směr v prostoru, a vesmír je tak z pohledu typického pozorovatele homogenní a izotropní. Jeho prostoročasná geometrie je pak popsána pomocí Robertsonovy-Walkerovy (RW) metricky

$$ds^2 = -c^2 dt^2 + a(t)^2 \left[\frac{dr^2}{1-kr^2} + r^2(d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2) \right], \quad (1)$$

kde t je *kosmický čas* a (r, θ, φ) jsou sférické souřadnice udávající polohu v prostoru. Dodejme, že typický pozorovatel je takřikajíc přišpendlen k prostoru a nevykonává vůči svému blízkému okolí žádný vlastní pohyb – jeho prostorové souřadnice se nemění. Případná změna

1 Více o první přímé detekci gravitačních vln pojednává článek T. Ledvinky a J. Bičáka v Československém časopise pro fyziku **66**, 70 (2016).

2 Z dnešního pohledu se jedná o vzdálenosti v řádech stovek milionů světelných let.

Jak Kepler dospěl k prvním dvěma zákonům v *Astronomia nova*

Vladimír Štefl

Ústav teoretické fyziky a astrofyziky, Přírodovědecká fakulta MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; stefl@physics.muni.cz

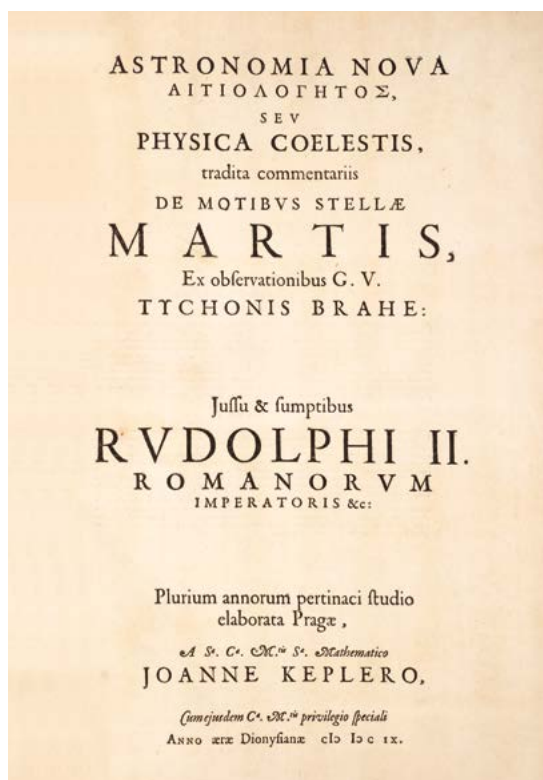
Keplerův spis *Astronomia nova* představuje jedno z nevýznamnějších astronomických děl všech dob. Obsahuje odvození vztahů, jimž dnes říkáme první a druhý Keplerův zákon pohybu planet. Kepler zde uplatnil nový přístup k astronomii, fyzice a vesmíru vůbec, když vyšetřoval eliptickou dráhu, po níž se Mars pohybuje kolem Slunce. Vysvětlení pohybu Marsu pojal nejen geometricky, ale využil i fyzikální magnetickou hypotézu.

Po vyřešení finančních a tiskařských náležitostí vyšel v Heidelbergu r. 1609 Keplerův spis *Astronomia nova*, česky *Nová astronomie* [1], s úplným názvem *Astronomia nova seu Physica cœlestis, tradita commentariis De motibus stellæ Martis, ex observationibus G. V. Tychonis Brahe, Jussu & sumptibus Rudolphi II. Romanorum Imperatoris...*, česky *Nová astronomie, založená na studiu příčin, čili nebeská fyzika, podávaná v komentářích o pohybu hvězdy [planety] Marsu, kterou na základě pozorování urozeného pana Tychona Brahe, z rozkazu a na náklad Rudolfa II., císaře římského...* viz obr. 1. Spis byl tedy věnován mecenáši – imperátoru Rudolfovi II.

Již na titulní straně oznámil Johann Kepler (1571–1630, obr. 2) netradiční přístup ke zkoumání pohybu Marsu, vycházející z fyzikálních souvislostí. S jejich pomocí autor hledal potvrzení svého matematického modelu, který by objasňoval polohu, reálnou dráhu planety v prostoru a její pohyb. Jednalo se tak skutečně o zcela novou astronomii, odlišnou od dosud existující.

Úvod

Původní text [1], který obsahoval historicky autentickou formulaci prvních dvou zákonů, byl zvláštní a hodně rozvleklý. Přesněji vytržbená pregnantní znění zákonů ve spisu nenalezneme, jednotlivé textové úryvky jsou vnořeny do útržků různých vět a kapitol v [1], na něž se vztahují odkazy v článku. Samostatné speciální formulace zákonů neexistují, pro pravidla, která Kepler zavedl, pojmy „zákony“ neužíval. Že jde o zvlášť důležitá vyjádření, lze poznat podle uvedení veršů jím oblíbeného Vergília. Příkladem zmíně o eliptickém tvaru dráhy předchází na počátku 58. kap. verše z 3. eklogy zmiňovaného básníka. Samotný první Keplerův zákon byl vysloven převážně pouze verbálně, například v podobě vyjádření „*dráha planety je elipsa*“, v průběžném textu především kap. 59 byl podpořen geometrickými úvahami a odvozeními. Skutečnost,



Obr. 1 Titulní list *Astronomia nova* 1609

že Slunce leží v jednom z ohnisek elipsy, není explicitně zmiňována v [1] vůbec, autor psal pouze o místě pro něj *punctum eccentricum* – excentrickém bodě. Až pozdější spis *Epitome astronomiae Copernicanae*, česky *Souhrn koperníkovské astronomie*, z let 1618–1621 [2] uvedl eliptickou křivku se dvěma ohnisky. Samotný pojem ohnisko zavedl Kepler v Evropě již ve spisu *Ad Vitellionem paralipomena, quibus Astronomiae pars optica traditur appellari* [3], česky *Poznámky k Vitelliovi, jimiž se vykládá optická část astronomie*, v r. 1604.

České přehledy pokroků světové fyziky za léta 1901–1914

Jan Valenta

Katedra chemické fyziky a optiky, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2; valentaj@fzu.cz

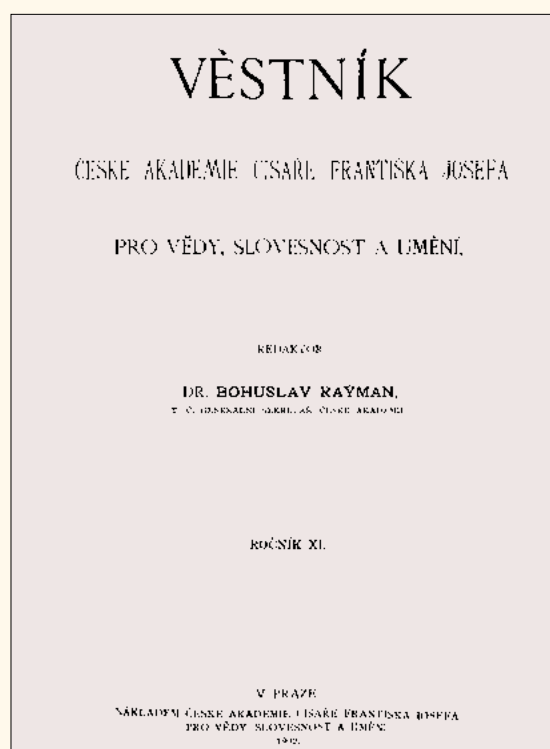
Přehledy pokroků fyziky (PPF) představují výjimečné dílo, které nemělo dříve ani později obdoby v naší vědecké literatuře. Iniciátorem této aktivity byl generální sekretář České akademie císaře Františka Josefa pro vědy, slovesnost a umění (ČAVU) prof. Bohuslav Rayman (1852–1910, profesor chemie na pražské univerzitě), který na přelomu století požádal zástupce různých vědních odvětví, aby sepsali přehled „celosvětové“ literatury v tom kterém oboru za rok 1901 pro časopis *Věstník ČAVU*. Za fyziku byl osloven Bohumil Kučera.

Bohumil Kučera (1874–1921), žák Strouhalův, byl v roce 1902 ještě asistentem „velkověvodských vysokých technických škol v Darmštatě“. V úvodu prvního Přehledu napsal: „*Počínaje stručný přehled hlavních cizojazyčných prací, jimiž fysika v r. 1901 byla obohacena, vzpomínám slov L. Boltzmannových z Mnichovského sjezdu něm. přírodopysků a lékařů: „V dřívějších staletích pokračovala věda prací nejvybranějších duchův*



Bohuslav Rayman (1852–1910)

stále, ale pomalu, tak jako starobylé město novostavbami čilých a podnikavých měšťanů stále vzrůstá. Nynější století páry a telegrafu vtisklo však též pokroku vědy ráz nervosní a ukvapené činnosti; zvláště vývoj přírodní vědy v nové době podobá se onomu nejmodernějšího amerického města, jež za několik málo desetiletí v město milionové vzrůstá. Je přirozeno, že na úkol obdobný onomu německých „Fortschritte der Physik“ neb „Beiblätter zu den Annalen“ nestačí síly jednotlivce, a že musil jsem se tudíž omeziti jednak ve výběru prací – na nejdůležitější, jednak na vymezení látky – na obzor čistě fysikální. Práce vztahující se k fysikální chemii, fysice kosmické a geofysice, k fysilogické akustice a optice, k technickým aplikacím fysiky a elektrotechnice jsou opominuty. Rovněž vyloučena jest analytická mechanika hmot tuhých i pružných, je těžko psáti v krátkém přehledu tak, aby se nestal pouhým bibliografickým sestavením nadpisů jednotlivých pojednání. Práce referované excerpoval jsem většinou z časopisů původních, pro pojednání jinak nepřístupná byly mi vhodným pramenem zmíněné již



Přehledů pokroků fyziky

Mechanika – Gravitace

František Nachtikal

1. 12. 1874 Kralovice u Plzně – 12. 4. 1939 Praha, český fyzik a pedagog

„Před žádnou, žádnou záhadou
své šíje neskloníme,
o nebes klenby nejzazší
svým duchem zazvoníme!“

JAN NERUDA

úvod

Naše první ukázka z *Přehledů pokroků fyziky* představuje téma gravitace za léta 1904–1910 (tj. před 111 ± 3 lety). Gravitační byla zahrnutá do kapitoly *Mechanika*, a to hned na prvním místě, tedy zahajovala celý *Přehled*. Pro ujasnění dobové situace si musíme uvědomit, že Einsteinova speciální teorie relativity byla publikována roku 1905 a obecná teorie relativity až roku 1916 (a v dalších letech). Uvedené přehledy tedy reflektují období před zásadním přelomem v oboru gravitace. Přesto je zde řada zajímavých bodů, například snaha o vysvětlení (sjednocení sil) gravitace pomocí elektromagnetické teorie (Lorentzovy) a později pokusy o nalezení souvislosti s tehdejší novinkou – radioaktivitou.

Citované části *Přehledů* za léta 1904–1910 vypracovával **František Nachtikal** [1874–1939], který (na rozdíl třeba od profesora Závisky [1]) nepatřil mezi velké nadšence pro teorii relativity. Zmiňuje se o tom ve své pozdější populární brožuře *Princip relativity, názorný výklad* z roku 1921 [2]: „Musím se především přiznati, že jsem teorii relativity s počátku studoval s tím tajným úmyslem vyvrátiti ji. Její předpoklady, z nichž vychází, a výsledky, k nimž vede, jsou totiž tak cizí našemu obvyklému myšlení, že se zdá snadným, nalézt v těchto vývodech rozpory, a tak ukázati jejich nesprávnost. Čím hlouběji jsem se však ponořoval do tohoto studia,

tím zřejmější se mi stávala hluboká opravdovost, logická nutnost a ucelenost tohoto učení... Přes to, že jsem přesvědčen o naprosté správnosti teorie relativity, snažil jsem se ve svých výkladech postupovati kriticky a zejména nezatajovati dosavadních jejích obtíží.“ Nakonec Nachtikal dílo Einsteinovo oslavuje: „Tato směšná a duchaplná teorie nemění totiž jen některé poučky fyzikální, nýbrž mění vlastně veškerou fyziku až do jejích základních názorů o prostoru, času a hmotě, a to tak radikálním způsobem, že jen nesnadno se můžeme s těmito změnami spřáteliti. Tím také přesahuje teorie relativity úzký rámec fyziky a stává se kritikou našeho poznávání vůbec. Je proto přirozeno, že každý, kdo přemýšlí o svém poměru k ostatnímu světu, touží poznati toto hluboké a ovšem nesnadné učení. V tomto smyslu proděláváme nyní myšlenkovou revoluci ...“

Podrobné pojednání Rudolfa Kolomého o pozvolném přijetí Einsteinovy teorie relativity mezi českými fyziky vyšlo v našem časopise před 23 lety [3].

Jan Valenta

Reference

- [1] F. Záviska: *Einsteinův princip relativnosti a teorie gravitace*. Edice Kruh, sv. 1, JČMF, Praha 1925.
- [2] F. Nachtikal: *Princip relativity, názorný výklad*. Nakladatel A. Piša, Brno 1922.
- [3] R. Kolomý: Čs. čas. fyz. **45**, 366 (1995).

dokument

I. Mechanika.

Napsal Dr. **Frant. Nachtikal**.

Gravitace.

1904

Sutherland¹⁾ pokusil se, jako před ním Lorentz a Wien (I. 1. 1901), vysvětliti gravitaci jakožto důsledek sil elektrostatických. Hmota skládá se dle něho z párů elektronů s opačným nábojem; aby dostal přitažlivé síly, musí předpokládati, že síly odpudivé mezi stejnojmennými elektrony jsou v poměru $(1-b)$ resp. $(1-c)$ menší než dle zákona Coulombova. Srovnáním s gravitační konstantou pak plyne

$$b + c = 32 \cdot 10^{-44}$$

Jsou tudíž ta zmenšení odpudlivých sil tak malá, že vymykají se experimentálnímu potvrzení.

Lorentz²⁾ shledal na základě své elektromagnetické teorie gravitace, že planeta, pohybující se kolem slunce, podléhá mimo přitažlivou sílu dle zákona Newtonova ještě 4 silám velmi malým, z nichž dvě působí ve směru průvodiče a dvě ve směrech jiných. Ale ani takto modifikovaný zákon gravitační nestačí k vysvětlení pohybu perihelia Merkurova.

Gravitaci možno také vysvětlovati mechanicky, totiž dle obdoby vzájemného působení koulí kmitajících

1 W. Sutherland, Phil. Mag. (6) 8. 685. 1904.

2 H. A. Lorentz, Arch. Néerl. (2) 7. 325.; ref. J. de Phys. (4) 3. 166. 1904.

Trojkráľové stretnutie mladých slovenských a českých fyzikov a matematikov

Jaroslav Bielčík¹, Marek Bombara²

¹ FJFI ČVUT, Břehová 7, 115 19 Praha

² Ústav fyzikálnych vied, Prírodovedecká fakulta Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Park Angelinum 9, 040 01 Košice

V tomto roku si pripomenieme sto rokov od vzniku Československa, udalosti, ktorá spojila cestu Slovákov a Čechov až do roku 1993. Cítíme, že je dôležité, aby sme pokračovali v rozvíjaní vzájomných osobných kontaktov a profesionálnych partnerstiev medzi vedcami a vedkýňami z oboch národov. V tomto duchu sa už desiatykrát uskutočnilo stretnutie mladých slovenských a českých fyzikov – Trojkráľová konferencia 2018 a už štvrtýkrát paralelne aj stretnutie mladých matematikov. Tradícia tohto podujatia vznikla v roku 2008, keď na Fakulte prírodných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici prebehol prvý ročník. Jednota českých matematikov a fyzikov, v spolupráci s ďalšími partnermi, každoročne ďalej organizuje toto stretnutie, prevažne na FJFI ČVUT v Prahe a v Banskej Bystrici. Tento rok sa Trojkráľová konferen-



Prednáška Pavla Gábora z Vatikánskeho observatória.

cia konala 5. januára na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach.

Cieľom stretnutia je nielen budovať vzťahy medzi novou generáciou vyrastajúcou v českých a slovenských inštitúciách, ale aj umožniť udržať kontakt s kolegami, ktorí trávajú začiatok svojej vedeckej kariéry v zahraničí, či už ako doktoranti alebo ako postdokovia, či mladí vedeckí pracovníci. Trojkráľová konferencia má medziodborový charakter, a je to teda výborná príležitosť dozvedieť sa o výsledkoch odbornej práce kolegov z iných odvetví fyziky a prezentovať svoj vlastný výskum. Tohto ročníka sa zúčastnilo viac než 60 kolegýň a kolegov, čo je doposiaľ najväčšia účasť. Prednášky boli paralelne v matematickej a fyzikálnej sekcii, avšak do programu sme zaradili tri spoločné prednášky: fyzikálnu prednášku o elektrónovej štruktúre pevných látok od Jána



Panelová diskusia na tému *Ako si nájsť v súčasnej dobe postdocovské miesto?*

Minára zo Západočeskej univerzity v Plzni, matematickú venovanú teórii kategórií a formálnej konceptovej analýze predniesol Ondrej Krídlo z UPJŠ Košice a špeciálnu prednášku o poslaní Vatikánskeho observatória predniesol zástupca riaditeľa observatória Pavol Gábor. Ďalšie fyzikálne prednášky sa týkali hlavne problematiky fyziky pevných látok, jadrovej a časticovej fyziky a astronómie. Na záver stretnutia sa uskutočnila panelová diskusia na tému *Ako si nájsť v súčasnej dobe postdocovské miesto?*, ktorú moderoval Karel Výborný z FZÚ AV ČR v Prahe a v jej rámci diskutovali Karel Šafářík (CERN), Boris Tomášik (UMB Banská Bystrica), Zuzana Blenessy (University of Science and Technology of China) a Katarína Lučivjanská (UPJŠ Košice). „Panelisti“ vyzdvihli kľúčový význam skúseností z dlhodobých zahraničných pobytov pre rozvoj úspešnej akademickej kariéry. Program stretnutia a ďalšie podrobné informácie je možné nájsť na internetovej stránke <https://hep.upjs.sk/~bombara/3KK/3KK2018.html>.

Budúci ročník 2019 sa uskutoční opäť v Českej republike, v období Troch kráľov a dúfam, že sa tam mnohí opäť stretneme.



Trojkráľovej konferencie v Košiciach sa zúčastnilo viac než 60 mladých vedcov a vedkýň.

Rozpínání vesmíru a interferometrické měření poloměru hvězd na 48. Mezinárodní fyzikální olympiádě v Indonésii

Ľubomír Konrád¹, Jan Kříž², Filip Studnička², Bohumil Vybíral²

¹ Gymnázium, Veľká okružná 22, 010 01 Žilina

² Ústřední komise Fyzikální olympiády, Univerzita Hradec Králové, Rokitanského 62, 500 03 Hradec Králové

O Mezinárodní fyzikální olympiádě v Indonésii v roce 2017 jsme informovali na stránkách Československého časopisu pro fyziku v článku [1]. Součástí tohoto příspěvku byl i krátký odstavec o obsahu jednotlivých teoretických úloh a jako ilustrace celá úloha o přírodních katastrofách na ostrově Jáva. Nezmiňovali jsme se však, že při diskusi úloh mezinárodní radou, ve které jsou zastoupeni vždy oba vedoucí delegací všech států, byla jedna z úloh navrhovaných organizátory odmítnuta! K odmítnutí úlohy nedochází často, za posledních 10 let se jednalo o jediný případ. Důvodem odmítnutí byl fakt, že řešení úlohy bylo založeno především na náročných geometrických manipulacích, nikoliv na fyzikálním porozumění problému. To je v rozporu se všeobecným názorem, jak by úloha mezinárodní fyzikální olympiády (MFO) měla vypadat, viz např. analýza úloh MFO [2]. Na druhou stranu měla tato úloha velmi atraktivní téma – interferometrické měření poloměru hvězd – a proto vám ji zde představujeme. Organizátor každé MFO má povinnost mít připravenou jednu rezervní teoretickou úlohu pro případ, že by mezinárodní rada některou z navržených úloh odmítla. I náhradní teoretická úloha, která byla nakonec soutěžícím zadána, se týkala astrofyziky a její téma je ze současného pohledu ještě atraktivnější – rozpínání vesmíru. Pro porovnání zde uvádíme i tuto úlohu.

Je známým faktem, že rozpínání vesmíru bylo popsáno Alexandrem Friedmannem v roce 1922 [3] na základě obecné teorie relativity Alberta Einsteina. Obecná teorie relativity zřejmě převyšuje syllabus MFO, přesto se autorům podařilo připravit úlohu řešitelnou středoškolskými prostředky.

První interferometrické měření poloměru hvězdy provedli Albert Michelson a Francis Pease. Poloměr hvězdy Betelgeuse byl naměřen v prosinci 1920, výsledek byl publikován v roce 1921 [4]. Úloha, jejímž tématem je právě interferometrické měření polomě-

ru hvězdy, je založena na geometrické optice, a je tedy v souladu se syllabem MFO.

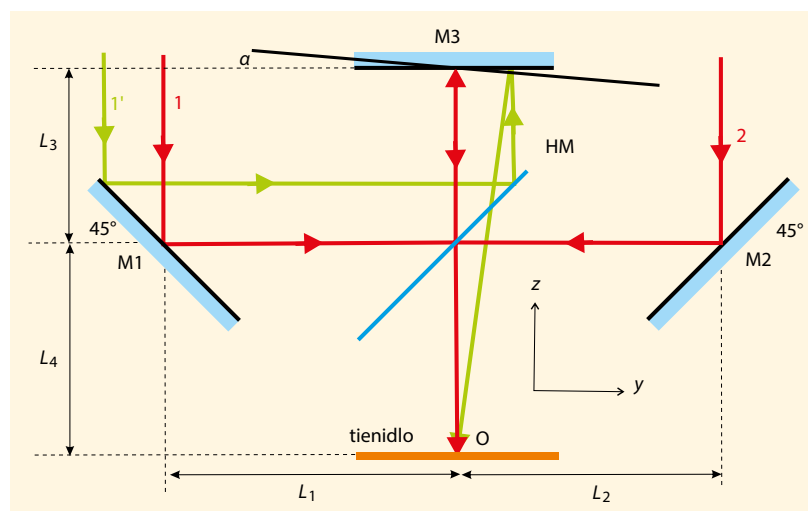
Níže uvedené úlohy jsou slovenským, resp. českým překladem úloh připravených indonéskými organizátory pro 48. MFO v roce 2017.

Meranie polomeru hviezd

Meranie polomeru hviezd je výzva, pretože hviezdy sú od nás veľmi vzdialené. Atmosférické poruchy rozmazávajú obraz hviezdy a sťažujú určenie jej aktuálnej veľkosti. Jednou z možných metód merania polomeru hviezdy je použitie interferometra. Túto metódu ako prví použili Michelson a Pease v roku 1921 pri meraní priemeru hviezdy Betelgeuze (najjasnejšia hviezda súhvezdia Orion).

Opíšme teoretický model interferometra na meranie polomeru hviezd (obr. 1).

Lúč 1 sa odrazí od zrkadla M1 k polopriepustnému zrkadlu HM, ktoré odráža 50 % intenzity dopa-



Obr. 1 Schéma interferometra.

Týden s aplikovanou fyzikou: Ve znamení radioaktivity!

Pavla Rudolfová

Gymnázium Brno, Vídeňská, příspěvková organizace, Vídeňská 55/47, 639 00 Brno

Celkem 20 středoškoláků ze všech koutů České i Slovenské republiky se zúčastnilo Týdne s aplikovanou fyzikou. Studenti měli v průběhu sedmi dní možnost dozvědět se spoustu nových informací a navštívit zajímavá experimentální pracoviště v Praze a okolí.

Ve dnech 19. až 25. 11. 2017 proběhl již 9. ročník Týdne s aplikovanou fyzikou (TSAF), který se letos odehrával v Praze a okolí. TSAF připravili organizátoři Fyzikálního korespondenčního semináře (FYKOS) z Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy (MFF UK).

Odborné exkurze v rámci TSAFu započaly návštěvou Ondřejovské hvězdárny, která patří k nejdůležitějším vědeckým pracovištím ve svém oboru v Evropě. Zabývá se pozorováním Slunce a dalších hvězd, meziplanetární hmoty či vysokoenergetických objektů ve vesmíru. Během naší návštěvy jsme se seznámili s okolnostmi založení hvězdárny, v historické kopu-



Účastníci TSAFu v historické kopuli Ondřejovské hvězdárny.



Přednáška RNDr. Zdeňka Janů, CSc.

li jsme zhlédli expozici věnovanou vývoji hvězdárny a řadu zajímavých přístrojů. Nesmíme však zapomenout na náš hlavní cíl – Ondřejovský dvoumetr (od roku 2012 nese jméno Perkův dalekohled). Mnohým se doslova zatajil dech, když uviděli dalekohled naživo. Perkův dalekohled je zrcadlový dalekohled s průměrem hlavního zrcadla 2 m. Od svého zprovoznění v roce 1967 je to největší dalekohled v České republice a používá se k získání spekter různých typů hvězd. Na exkurzi navázala přednáška Daniela Dupkaly *Exoplanety a jejich výzkum*.

V rámci TSAFu se studenti zúčastnili i Dne s experimentální fyzikou (DSEF) na MFF UK, kde si na úvod poslechli přednášku RNDr. Zdeňka Janů, CSc., z ka-

tedry nízkých teplot s názvem *Fyzika nízkých teplot a pokusy s kapalným dusíkem*. Poté se rozdělili podle předešlých preferencí do jednotlivých skupin. Každá skupina měla individuální program: dopolední část – přednášky a návštěvy praktik, a odpolední část, kde se jedna část účastníků vydala na exkurzi do Prague Asterix Laser System (PALS) a vodního plazmatronu na Ústavu fyziky plazmatu AV ČR a druhá na školní reaktor Vrabec VR-1 v laboratořích Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské Českého vysokého učení technického v Praze (FJFI ČVUT).

Uprostřed týdne si organizátoři připravili pro účastníky „odpočinkový“ den, který se ve výsledku stal asi



Skupina účastníků při návštěvě jaderných praktik MFF UK.

Den s Astropisem a Kopalova přednáška 2017

Vladimír Kopecký Jr.

Fyzikální ústav Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy, Ke Karlovu 5, 121 16 Praha 2; kopecky@karlov.mff.cuni.cz

25. listopadu 2017 se konal již 15. přednáškový den s časopisem *Astropis*. Na akci pro širokou veřejnost vystoupilo v průběhu dne pět přednášejících z oborů blízkých astronomii či astrofyzice a Česká astronomická společnost zde tradičně udělila svoji cenu – Kopalovu přednášku.

Dny s *Astropisem* pořádá již od roku 2003 občanské sdružení *Společnost Astropis* (které je vydavatelem časopisu *Astropis*, jenž se zabývá popularizací astronomie a příbuzných oborů). Nejříve se akce konala v malém přednáškovém sále Foto Škoda, ale pro velký zájem účastníků se postupně přesunula do pražského planetária a posléze definitivně zakotvila v budově Akademie věd (AV) v Praze na Národní třídě. Zpočátku byl přednáškový den pořádán dvakrát ročně, ale již od roku 2004 se začal odehrávat pouze jednou, a to v podzimním termínu na přelomu listopadu a prosince. (Pouze v roce 2008 jej sdružení zaneprázdněné přípravou Mezinárodního roku astronomie nebylo schopno uspořádat.)

Akce není určena jenom předplatitelům časopisu či členům *České astronomické společnosti* (ČAS), ale především široké veřejnosti, která vždy zaplní sál „až k prasknutí“. Nejinak tomu bylo i v roce 2017, kdy se sešlo více jak 100 účastníků (prakticky do vyčerpání kapacity přednáškového sálu). Přednáškový den se konal v rámci 100. výročí založení ČAS [1], v součinnosti se *Střediskem společných činností AV ČR* a za podpory společností *Kronium* a *SPP*.



Obr. 3 Prof. RNDr. Jiří Podolský, DSc., z Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy hovořil na téma „Maxwell a Einstein: jejich teorie a vlny“.
(Foto: V. Kopecký Jr.)



Obr. 2 Doc. Ing. Josef Zicha, CSc., spolu s Ing. Šárkou Němcovou, Ph.D., z Ústavu přístrojové a řídicí techniky Strojní fakulty ČVUT přednášejí o „Technické problematice velkých dalekohledů“.
(Foto: V. Kopecký Jr.)

Hned první přednáška byla poněkud neobvyklá, neboť místo věcí čistě astronomických na ní hovořil doc. Ing. Josef Zicha, CSc., spolu s Ing. Šárkou Němcovou, Ph.D., z Ústavu přístrojové a řídicí techniky Strojní fakulty ČVUT, o „Technické problematice velkých dalekohledů“. Na přetřes se tak dostala témata mechanické složitosti konstrukce obřích dalekohledů, stejně tak jako moderní přístupy adaptivní optiky, které odlehčují konstrukce zrcadel a významně vylepšují zobrazovací schopnosti těchto přístrojů.

Navazující přednáška prof. RNDr. Jiřího Podolského, DSc., z Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy (MFF UK), na téma „Maxwell a Einstein: jejich teorie a vlny“ již byla onou „čistou fyzikou“ a kromě skvělé popularizace obou fyzikálních teorií také připomněla udělené Nobelovy ceny za fyziku 2017 – tj. „za rozhodující příspěvky k detektoru LIGO a pozorování gravitačních vln“ – a rovněž shrnula nejnovější pozorování gravitačních vln, a to včetně prvního pozorování jejich optického protějšku.

Středobodem dne pak byla *Kopalova přednáška*, kterou zřídila ČAS v roce 2007 (u příležitosti svého 90. výročí založení) jako ocenění pro české astronomy a astronomky za významné vědecké výsledky dosažené v několika posledních letech a uveřejněné ve svě-

„Na slovíčko, pane profesore Nušle...”

aneb Reportáž z oslav 100. výročí založení České astronomické společnosti

Jana Žďárská

Praha, pátek, den jako každý jiný. Metro, tramvaj, autobus, uspěchané víření početných zástupů kolem. Ubírám se ke starodávnému Karolinu, v ruce vstupenku a v mysli tiché očekávání. Blížím se ke vchodu té starodávné budovy (však byla podle ní pojmenována i planetka 2288 Karolinum) a jako by se svět kolem poněkud změnil. V okolním davu je cosi jinak a já marně pátrám po tom, čím to je... Občas se poblíž mihne muž ve fraku s kloboukem, onde zase dáma v prvorepublikových šatech s ozdobnou čelenkou ve vlasech. Poněkud znepokojena kontroluji displej svého „chytrého“ telefonu – datum však skutečně sedí. Je pátek, 8. prosince 2017, a já kráčím na oslavu 100. výročí založení České astronomické společnosti. Anebo je to všechno trochu jinak...?

Milí čtenáři, ještě než si společně přiblížíme zmíněnou slavnost, je třeba vyjádřit převelický dík všem, kteří se na celé této významné akci podíleli. Profesionalita, s jakou se zhostili tak nesnadného úkolu, byla skutečně působivá a celý program byl velice originální, vše skvěle zorganizováno a zrežiováno. O každého z hostů bylo znamenitě postaráno, potěšeny byly skutečně všechny smysly. Důstojnost, s jakou byla celá slavnost pojata, jistě uspokojila všechny, kteří se za těch uplynulých sto let na chodu ČAS podíleli.

Pátek 8. prosince 2017 a hodina čtrnáctá byly zvoleny zcela záměrně, a to proto, aby oslavy 100. výročí založení České astronomické společnosti (ČAS) proběhly právě na den a hodinu přesně. Následující řádky se vám pokusí zprostředkovat výlet do doby před sto lety, kdy se její dějiny začaly psát. Vychutnejte si tedy



Vstupní prostory Karolina, pořadatelé v osobitých historických kostýmech a kniha hostů, kam se mohl každý z příchozích podepsat. (Foto: D. Malík)



Památní arch se jmény předsedů České astronomické společnosti, kde se hosté podepisovali ke svým oblíbeným tvářím. (Foto: D. Malík)

alespoň zprostředkovaně letošní prosincovou oslavu tohoto významného výročí, která proběhla v důstojných prostorách pražského Karolina.

Ve vstupním dvoru Karolina (zbudovaném podle návrhů světoznámého arch. Fragnera) nás už zdaleky vítali pořadatelé této exkluzivní slavnosti v nepřehlédnutelných dobových kostýmech s impozantními klobouky. Každý z příchozích se mohl podepsat do knihy hostů a také měl možnost přidat svůj podpis na památní arch ke jménu svého oblíbeného předsedy ČAS.

Cestou do Modré posluchárny – centra dění první části programu – bylo možno obdivovat originální kostýmy jednotlivých návštěvníků. Velká většina z nich skutečně dorazila v dobovém ošacení, a tak by se neinformovaný příchozí jistě mohl domnívat, že se nachází v době dávno minulé. Pánové vzbuzovali vážnost a úctu, dámy byly rozkošné ve svých kloboučcích