

3/2014

# ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU



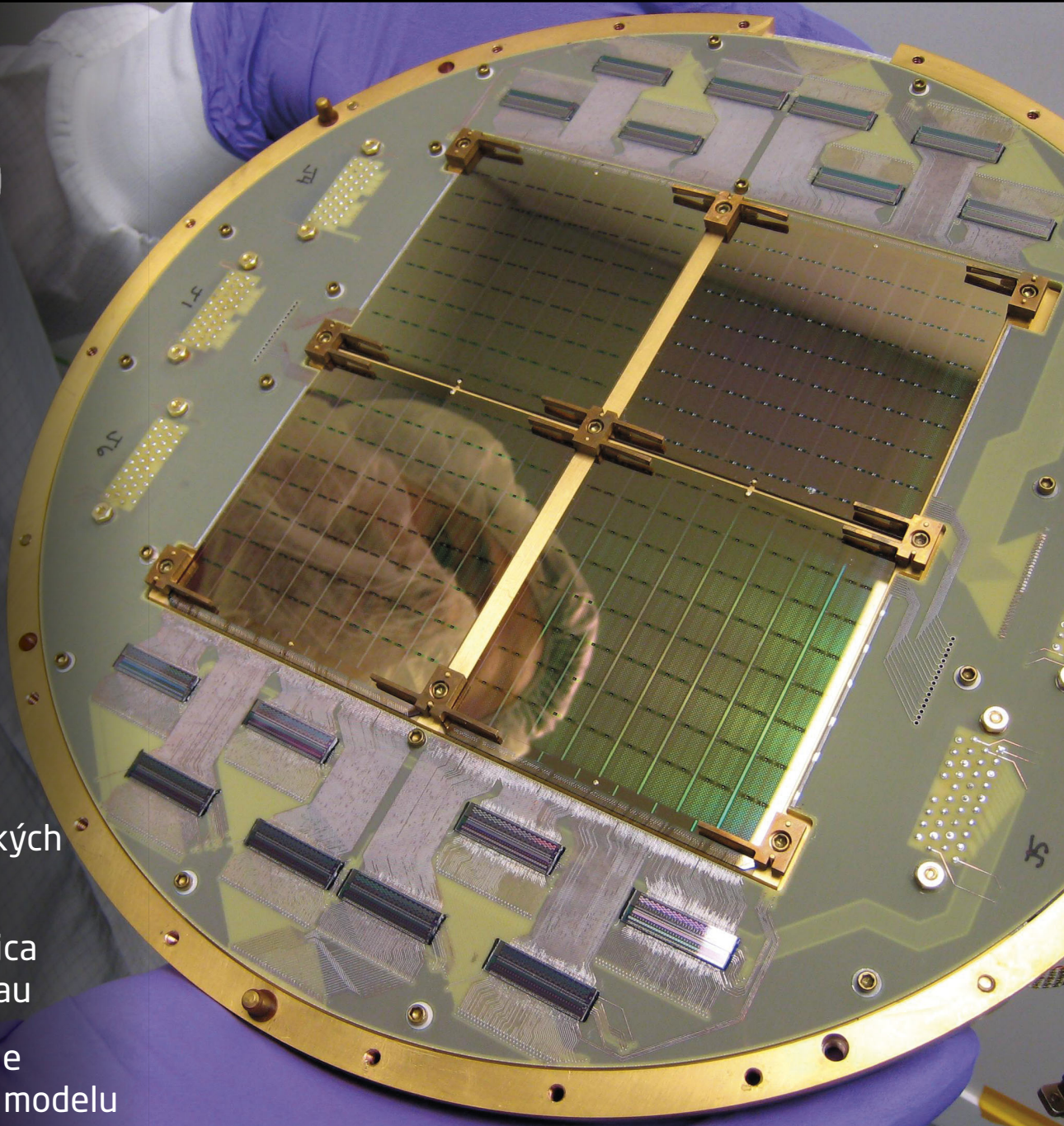
Inflační  
gravitační  
vlny

Lawsonovo  
kritérium  
ve fúzní  
energetice

Tepelné  
vlastnosti  
potravin  
a zemědělských  
produktů

Jozef Kvasnica  
a L. D. Landau

Raná historie  
kvarkového modelu



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

svazek 64

# ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU

## 3/2014

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 2014

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 redaktori – Associate Editors:**

Pavel Cejnar, Michal Fárnik, 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 Trojáněk

**Sekretariát redakce –**

**Editorial Office Administration:**  
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 a grafik:**

© 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 © 2014  
Institute of Physics of the ASCR, v. v. i.



# Editorial



Vážení čtenáři,

před několika týdny se ve sdělovacích prostředcích objevily titulky a upoutávky oznamující experimentální důkaz gravitačních vln. Brzy se ukázalo, že nejde o dlouho očekávanou registraci gravitačních vln ve weberovské nebo interferometrické detekční soustavě, ale o něco jiného. Jednalo se o žurnalistickou reflexi analýzy nejnovějších výsledků experimentu BICEP2 (*Background Imaging of Cosmic Extragalactic Polarization*), jež by měla potvrzovat přítomnost gravitačních vln v rané fázi vývoje vesmíru. Toto číslo časopisu tedy otevíráme aktualitou o inflačních gravitačních vlnách sepsanou Tomášem Ledvinkou.

Oba referáty uveřejněné v tomto vydání spadají do oboru užité fyziky. Slavomír Entler nás seznámí s Lawsonovým kritériem a přiblíží nám možnosti jeho využití k inženýrskému zkoumání energetického termojaderného reaktoru. Jiří Blahovec se ve svém článku od základu podrobně zabývá tepelnými vlastnostmi zemědělských produktů a potravin. O jejich praktickém významu jistě nepochybuje nikdo, kdo někdy vyškvařoval sádlo, zpracovával namrzlé brambory, opékal špekáčky či hluboce zamrazoval zeleninu nebo ryby; jde zde ale i o hlubší pochopení tepelně podmíněného chování složité měkké hmoty – tedy o otázky fundamentálnější, než jen přímo motivované aplikacemi. Popisované jevy a soustavy jsou pak kromě zemědělského a potravinářského průmyslu významné i pro další exponované obory praktické lidské činnosti, např. biomedicínu.

V rubrice zasvěcené historii fyziky se v kontrastu s aplikovaně orientovanými referáty budeme věnovat zcela základním otázkám povahy a elementárního složení hmoty. Jiří Chýla zde předkládá první část obsáhlého textu věnovaného kvarkovému modelu formulovanému právě před padesáti lety. Dále v této rubrice Angela Zentková a Anton Zentko vzpomínají na Jozefa Kvasnicu (1930–1992), především z hlediska jeho vztahu ke košické fyzice. Jako dokument přetiskujeme stať profesora Kvasnici o akademiku Landauovi, u něhož jako aspirant v Moskvě působil. Jozef Kvasnica patřil do nepočtené skupiny mladých adeptů teoretické fyziky, kteří překonali známou „Landauovu bariéru“, tedy složili přímo u Landaua příslušné aspirantské zkoušky (viz str. 199 v tomto čísle, což odpovídá str. 144–145 originálu). Tyto dva příspěvky přinášíme jako anonci rozsáhlejšího bloku příspěvků věnovaných profesoru Kvasnicovi, který plánujeme do některého z prvních čísel příštího ročníku časopisu.

V rubrice „Mládež a fyzika“ se nejdříve vrátíme ke kvarkovému modelu, abychom s překvapením zjistili, že i tato náročná součást moderní fyziky se promítla do úloh MFO. Další dva příspěvky jsou věnovány relativně jednoduchým fyzikálním modelům a měřením využitelným ve středoškolské fyzice. Lubomír Konrád k účelu středoškolské výuky určitých fyzikálních jevů využívá komerčně dostupné magnetické kuličky a Karolína Rezková (pod vedením Jany Musilové) roztavený vosk tuhnoucí v nádobě válcového tvaru.

Podáváme též zprávy o stipendiích Georga Placzeka udělených v roce 2013 (s jejich vyhlášením pro rok 2014) a vyznamenání mladých fyziků nadačními cenami PRAEMIUM BOHEMIAE. Osmdesátiny nedávno oslavil Vladislav Šimák, významný fyzik elementárních částic, jehož život a dílo nám při této příležitosti přibližuje Jan Hladký. Redakce a vydavatel Československého časopisu pro fyziku se připojují k četným gratulantům a přejí panu profesoru Šimákovi do dalších let mnoho zdraví, štěstí a úspěchů.

Libor Juha  
vedoucí redaktor



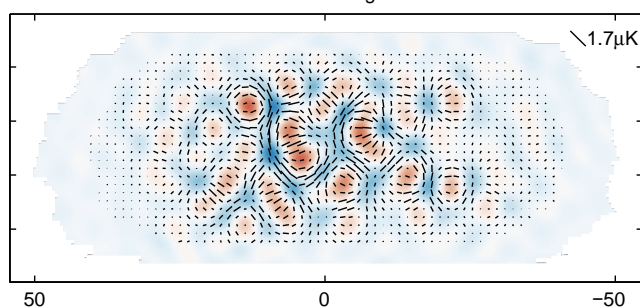
# Obsah

## AKTUALITY

Byly pozorovány inflační gravitační vlny? 158

Tomáš Ledvinka

BICEP2: E signal



## REFERÁTY

Lawsonovo kritérium – kritérium fúzní energetiky 161

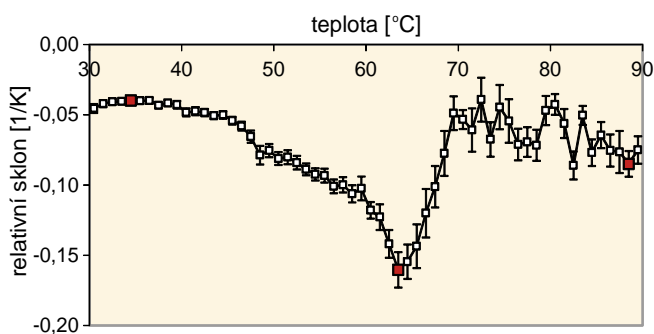
Slavomír Entler



## REFERÁTY

Tepelné vlastnosti zemědělských produktů a potravin 168

Jiří Blahovec

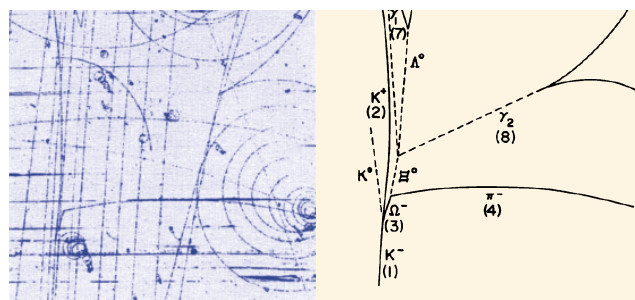


## HISTORIE FYZIKY

Jak byly objeveny kvarky, 1. část 185

Poznámky k 50. výročí formulace kvarkového modelu

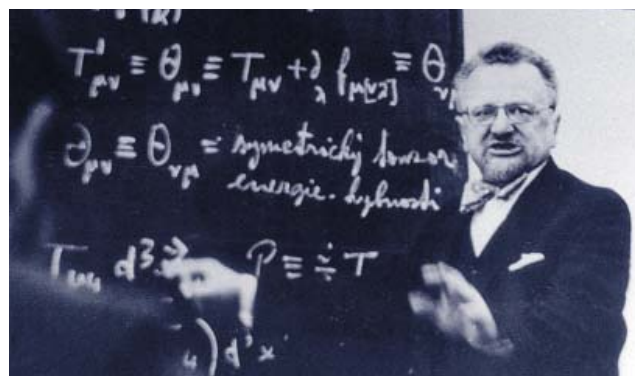
Jiří Chýla



## HISTORIE FYZIKY

Jozef Kvasnica a košická fyzika 193

Angela Zentková, Anton Zentko



## DOKUMENTY

Posledný polyhistor teoretickej fyziky Lev Davidovič Landau 195

Josef Kvasnica

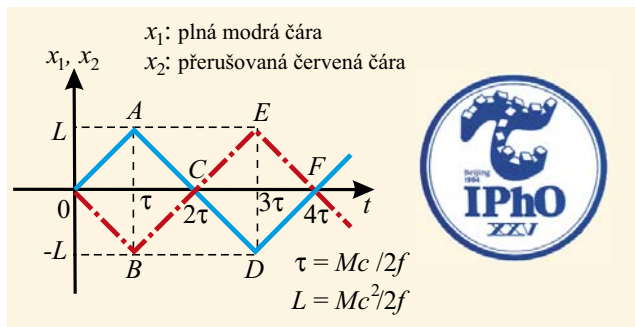


**Obrázek na obálce:** Na této matici 16×16 detektorů udržovaných na teplotě 250 mK vytváří mikrovlnná optika obraz oblohy v pásmu 150 GHz. (Zdroj: NASA/JPL-Caltech) Více na str. 158–160.  
Menší vložený obrázek: Vnitřní struktura protonu: dva kvarky u a jeden kvark d. (Zdroj: CC BY-SA 2.5 Arpad Horvath) Více na str. 185–192.

**MLÁDEŽ A FYZIKA**

**Jednoduché kvarkové modely mezonu v úlohách pro fyzikální olympioniky 201**

Jan Kříž, Ivo Volf, Bohumil Vybíral



**MLÁDEŽ A FYZIKA**

**Druhý rok programu Stipendium Georga Placzeka v gesci Brněnské pobočky JČMF 213**

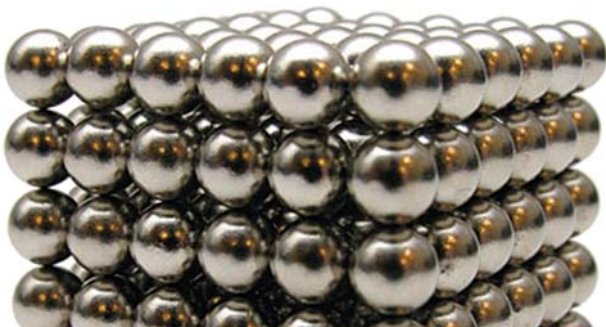
Marie Fojtíková



**MLÁDEŽ A FYZIKA**

**Magnetické guľôčky a meranie indukcie magnetického poľa Zeme 205**

Ľubomír Konrád



**ZPRÁVY**

**Vlád'a Šimák již osmdesátníkem?! 215**  
Vážné i nevážné vzpomínky kolegy, souputníka a konkurenta

Jan Hladký

**PRAEMIUM BOHEMIAE talentům na fyziku a jiné přírodovědné obory 218**

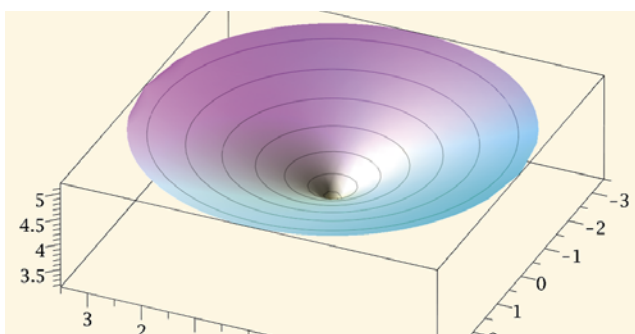
Bohumil Vybíral



**MLÁDEŽ A FYZIKA**

**Elementární model tuhnutí vosku 208**  
Gymnaziální studentský projekt

Karolína Rezková, Jana Musilová



**RECENZE KNIH**

**Pavel Cejnar**  
**A Condensed Course of Quantum Theory 184**

Mário Ziman

**Frank Wilczek (překlad: Jan Fischer)**  
**Lehkost bytí aneb bytí jako světlo 222**  
O hmotnosti, éteru a sjednocování sil

Jiří Chýla



# Byly pozorovány inflační gravitační vlny?

Tomáš Ledvinka

Ústav teoretické fyziky MFF UK, V Holešovičkách 2, Praha; tomas.ledvinka@mff.cuni.cz

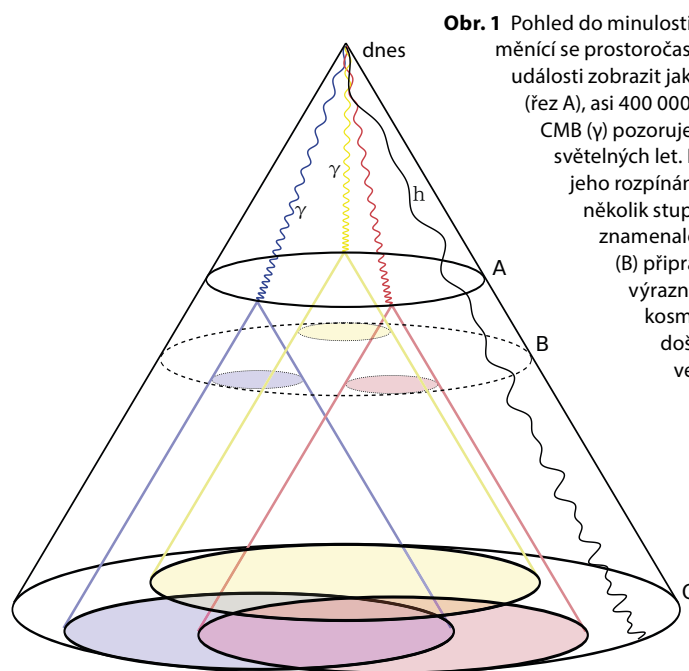
**N**ebylo asi možné vyhnout se v posledních týdnech informacím o nejnovějších výsledcích experimentu BICEP2 (*Background Imaging of Cosmic Extragalactic Polarization*), které by měly potvrzovat přítomnost gravitačních vln v raném vesmíru [1]. Protože během příštích měsíců bude tento výsledek konfrontován s výstupy analýzy měření polarizace kosmického mikrovlnného pozadí (CMB – *Cosmic Microwave Background*) pořízených sondou Planck a poté i dalších pozemských pozorování, stojí za to podívat se, co, jak a proč se vlastně (na)měřilo.

Teorie velkého třesku představuje důslednou aplikaci dnes pozorovaných fyzikálních zákonů na celou dobu trvání vesmíru. Aby je bylo možné sladit se stále rostoucím množstvím informací o počátku vesmíru, bylo známou fyziku zatím potřeba doplnit jen o tři ingredience – temnou hmotu, temnou energii a konečně i inflaci. Právě tu by mělo podpořit oznámené potvrzení existence primordiálních gravitačních vln, které by měly představovat doposud nejčitelnější otisk toho, jaké podmínky v raném vesmíru panovaly v době, kdy děj určovala fyzika v blízkosti Planckovy škály  $M_{\text{pl}} = 2,4 \times 10^{18}$  GeV.

Obecná teorie relativity popisuje vztah mezi hmotou a zakřivením prostoročasu. V kosmologii pak ze-

jména konkrétně určuje časový vývoj rozměru vesmíru v závislosti na chování hmoty, která jej vyplňuje. Expanzi vesmíru dnes potvrzují spousty pozorování, tím nejvýstižnějším však je právě CMB. Jde o světlo pocházející ze žhavé látky, kterou byl vesmír vyplněn, když byl asi 1 100× menší než dnes. Tehdy vesmír vychladl natolik, že se stal průhledným pro elektromagnetické vlny. Ty od té doby v rozpínajícím se vesmíru vychladly až na dnešních 2,7 K. Radiová obloha v oblasti milimetrových vln tak představuje nejvzdálenější možný pohled do minulosti prostřednictvím elektromagnetického záření. Nějaké informace o tom, co se odehrávalo předtím, však lze vyčíst z drobných variací intenzity a polarizace CMB.

Rozpínajícímu se vesmíru běžná hmota předurčuje takový průběh expanze, že oblasti na obloze vzdálené i jen několik stupňů od sebe byly v okamžiku vzniku CMB kauzálně izolované (obr. 1). To znamená, že za pomoci fyzikálních zákonů není možné vysvětlit, proč měl všude, kam se prostřednictvím mikrovln podíváme (tzv. sféra posledního rozptylu), vesmír podobné vlastnosti. Před metafyzickým konstatováním, že tomu tak prostě je, dostala přednost hypotéza, že po jistý čas měla expanze raného vesmíru exponenciální povahu, takže veškerá pozorovaná hmota vesmíru nej-



**Obr. 1** Pohled do minulosti v rozpínajícím se vesmíru v souřadnicích, v nichž měnící se prostoročasové měřítko dovolí kauzální minulost každé události zobrazit jako kužel. Vesmír byl v době, ze které pochází CMB (řez A), asi 400 000 let starý ale část vesmíru, kterou prostřednictvím CMB ( $\gamma$ ) pozorujeme, má podobu sféry o obvodu asi 260 milionů světelných let. Pokud by celou dobu od vzniku vesmíru dynamiku jeho rozpínání určovala běžná hmota, místa na obloze i jen několik stupňů vzdálená by byla kauzálně izolovaná. To by znamenalo, že vesmír musel být již v okamžiku svého vzniku (B) připraven tak, abychom nikde na obloze neviděli výrazné odlišnosti. Fyzikální vysvětlení přináší hypotéza kosmické inflace – v úplných počátcích historie vesmíru došlo k exponenciální expanzi vesmíru, díky níž sdílí veškerý pozorovaný vesmír společnou minulost (řez C o rozměru zhruba  $10^{-30}$  m; správně by ovšem v daných souřadnicích exponenciální průběh inflace vyžadoval jej vykreslit cca  $10^{30}$  krát níž). Z této doby by měly pocházet i primordiální gravitační vlny (h). Cílem řady experimentů je nalézt v b-módu polarizace reliktního záření fluktuace na tak velké škále, aby je bylo možno považovat za otisk inflačních gravitačních vln.



# Lawsonovo kritérium – kritérium fúzní energetiky

**Slavomír Entler**

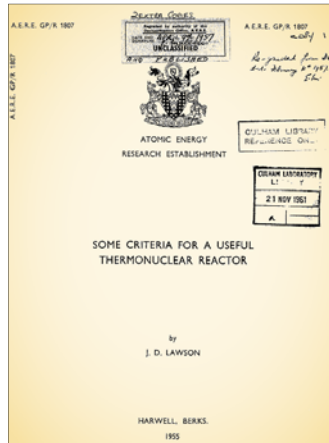
Centrum výzkumu Řež, Hlavní 130, 250 68 Husinec-Řež; slavomir.entler@cvrez.cz

Jaderná fúze představuje pravděpodobnou budoucnost energetiky. V současnosti neexistuje jiný energetický zdroj, který by dokázal nahradit spalování fosilních paliv a štěpnou jadernou energetiku. Jaderná fúze je přitom bezpečný, ekologický a prakticky nevyčerpatelný zdroj energie. Parametry plazmatu potřebné k energetickému využití fúze popisuje jednoduchý vzorec – Lawsonovo kritérium.

**K**ritérium odvodil v roce 1955 britský inženýr a fyzik John D. Lawson a publikoval jej při odtažení fúzního výzkumu v roce 1957 v článku „Some criteria for a power producing thermonuclear reactor“ [1]. Cílem jeho práce bylo stanovení vztahu energetické bilance termojaderných reaktorů, který by umožnil objektivně a rychle posoudit dosažené parametry plazmatu z hlediska energetického zisku.

J. D. Lawson ukázal, že pro energetické využití fúzní reakce nestačí pouze dosáhnout vysoké teploty paliva, ale je také nutné palivo v tomto stavu udržet, dokud fúzní reakce při dané teplotě a tlaku neproběhne v dostatečném množství. V první části své práce odvodil na základě analýzy radiačních ztrát minimální kritickou teplotu paliva, která je nezbytná pro průběh fúzní reakce. Z exotermních reakcí lehkých prvků určil jako nejvíce pravděpodobné při nízkých energiích reakce jader izotopů vodíku deuteria a tritia (D-T reakce) a dvou jader deuteria (D-D reakce). V případě D-T reakce J. D. Lawson uvádí minimální kritickou teplotu 30 milionů K, v případě D-D reakce 150 milionů K. Při této teplotě je uvolněná fúzní energie rovná radiačním ztrátám paliva. Jak sám Lawson zdůrazňuje, jde ale o hypotetickou teplotu a podmínky pro energetické využití fúze jsou mnohem tvrdší.

Proto Lawson následně odvozuje známé „Lawsonovo kritérium“, které definuje vztah mezi hustotou



**Obr. 1** Původní práce J. D. Lawsona „Some criteria for a useful thermonuclear reactor“ z roku 1955. V dalších vydáních bylo v názvu zaměněno označení „useful“ za „power producing“. Nálepka v horní části titulního listu vypovídá o tom, že šlo o zprávu podléhající utajení. K odtažení a publikování zprávy došlo až v roce 1957 [1].

plazmatu, teplotou plazmatu a dobou udržení těchto parametrů. Obecná formulace kritéria v současném pojetí má tvar:

$$n \tau_E \geq f(T) \text{ [m}^{-3}\cdot\text{s]}, \quad (1)$$

kde  $n$  označuje hustotu,  $\tau_E$  dobu udržení energie a  $T$  teplotu plazmatu. Doba udržení energie je definována jako poměr energie plazmatu  $W_P$  ke ztrátovému výkonu  $P_L$

$$\tau_E = \frac{W_P}{P_L}.$$

Uvedená formulace kritéria předpokládá, že se hustota plazmatu chová jako nezávisle proměnná. Pro řadu fúzních zařízení, především reaktory typu tokamak, tento předpoklad ale není splněn. Hustota plazmatu  $n$  je funkcí teploty a nezávislým parametrem je tlak plazmatu  $p$ :

$$p \approx 2 nkT,$$

Pro tato zařízení je proto vhodnější modifikované kritérium

$$n T \tau_E \geq T f(T),$$

kteří lze v blízké oblasti minima  $T f(T)$  zjednodušit do tvaru, označovaného jako fúzní nebo trojný součin:

$$n T \tau_E \geq \text{const. [m}^{-3}\cdot\text{Ks nebo m}^{-3}\cdot\text{keV}\cdot\text{s]}. \quad (2)$$



**Obr. 2** J. D. Lawson (1923–2008) [11].

# Tepelné vlastnosti zemědělských produktů a potravin

„Více tepla však chová vznětlivé srdce a hněvivá mysl, jež zlostí zahoří lehko“  
Titus Lucretius Carus: *O přírodě*

Jiří Blahovec

Katedra fyziky, Česká zemědělská univerzita Praha, 165 21 Praha 6-Suchbát; blahovec@tf.czu.cz

O značném praktickém významu tepelných vlastností zemědělských produktů (agroproduktů) a potravin jistě nebude pochybovat nikdo, kdo někdy škařil sádlo, pokoušel se pražit kaštiny, hluboce zamrazil zeleninu a maso, opékal špekáčky, připravoval popcorn nebo komu ve sklepě zmrzly brambory. Je zde však i fundamentálnější zájem o zákonitosti tepelného chování složité měkké hmoty, kterou zmíněné materiály velmi dobře reprezentují. Vlastnosti látek se mění se změnou teploty jednak spojitě a jednak skokem, dochází-li v důsledku změny teploty ke změnám struktury látky. V tomto případě jde opět o otázky spojené se změnou skupenství látek a právě touto problematikou otevřeme tento článek.

## HETEROGENNÍ SYSTÉMY – FÁZE

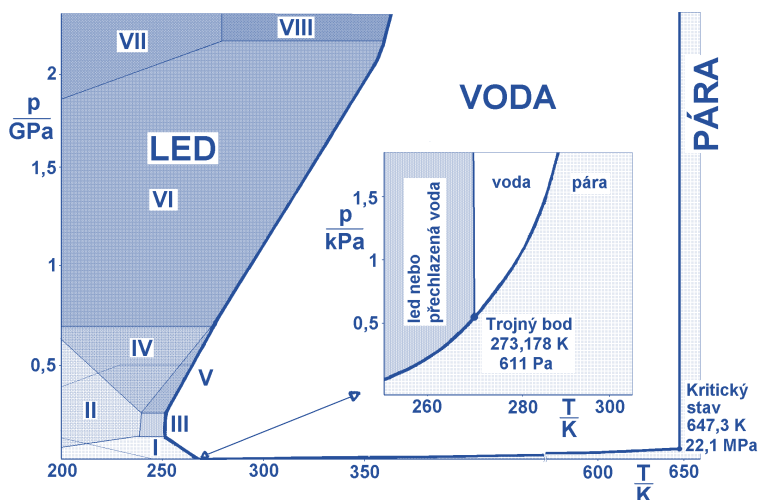
Každý materiál můžeme popsat jako termodynamický systém, jehož stav je dán termodynamickými (stavovými) parametry. V nejjednodušším případě jsou těmito parametry objem, tlak a teplota. V termodynamických systémech se vytvářejí podsystemy, charak-

terizované vnitřními parametry, které nabývají uvnitř podsystemu stejných a v různých podsystemech různých hodnot. Tyto podsystemy se nazývají fáze. Fáze jsou vnitřně homogenní (stejně hodnoty termodynamických parametrů v různých jejich částech), avšak právě přítomnost fází je zdrojem heterogenity systému jako celku. Pro každý heterogenní termodynamický systém platí Gibbsovo pravidlo, vyjádřené následující nerovností:

$$p \leq k + 2, \quad (1)$$

kde  $p$  je počet fází současně se vyskytujících a  $k$  je počet nezávislých složek (je roven počtu různých látek v systému, od kterého se odečte počet možných chemických reakcí mezi nimi). Příkladem aplikace Gibbsova pravidla je odhad maximálního počtu fází přítomných v unárním systému (systému tvořeném jedinou složkou). V tomto případě platí, že počet fází  $p$  je menší nebo roven  $1 + 2 = 3$ . A skutečně, v unárním systému se vyskytují zároveň maximálně 3 fáze, jsou to tři skupenství látky současně se vyskytující v systému, který se nachází v trojném bodě.

Na výskyt fází v materiálu působí celý komplex vlivů – kromě teploty a tlaku je to vliv fyzikálních polí, a pak také příměsi (nečistoty), které se vyskytují prakticky ve všech složkách. V obr. 1 je zachycen fázový diagram čisté vody, v tomto případě jako grafické vyjádření hranic mezi různými fázemi v souřadnicích teplota – tlak. Je v něm pro tlaky nižší než 100 MPa patrné anomální chování vody, tj. pokles teploty tuhnutí s rostoucím tlakem, pokles až k hodnotám cca 250 K. Při vyšších



**Obr. 1** Fázový diagram čisté vody s vyznačením různých skupenství (pevná látka, kapalina, pára). Trojný bod je stav, v němž se mohou vyskytovat všechna tři skupenství (fáze) zároveň. Římskými číslicemi jsou vyznačeny různé fáze ledu. Na rozhraní dvou fází existují stavy dvojfázové, v uzlech jsou stavy trojfázové (např. T1 pro fáze VI, VII, VIII). Tenkou čarou v levé části obrázku se vyznačuje oblast možného výskytu přechlazené kapaliny v oblasti, v níž za rovnovážného stavu se objevuje led ve fázích I, II, III, IV a V.

# Jak byly objeveny kvarky, 1. ČÁST

## Poznámky k 50. výročí formulace kvarkového modelu



**Jiří Chýla**

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

Podle současné představy o struktuře hmoty a silách působících v mikrosvětě jsou základními stavebními kameny hmoty tři generace kvarků a leptonů. Přitom z kvarků jsou složeny mimo jiné protony a neutrony, které představují více než 99,9% hmotnosti atomů. Zatímco nejznámější lepton – elektron – je znám již od konce 19. století a je stále považován za elementární částici, myšlenka, že protony a neutrony jsou složeny z ještě fundamentálnějších částic, se zrodila počátkem roku 1964 ve snaze pochopit vlastnosti rodiny nově objevených hadronů, částic příbuzných protonu a neutronu. V článku jsou popsány okolnosti, které vedly Murraye Gell-Manna a George Zweiga současně k formulaci kvarkového modelu hadronů. Podrobně jsou rozebrány nejen zásadní rozdíl mezi fyzikálním obsahem pojmu „elementární konstituent“ hadronů, tak jak ho chápali Gell-Mann a Zweig, ale i obtíže, na které přijetí tohoto modelu zpočátku narazilo v důsledku velmi neobvyklých vlastností, které kvarky měly. Jsou připomenuty další klíčové okamžiky vývoje kvarkového modelu a nové experimentální poznatky, které přivedly koncem 60. let Richarda Feynmana k formulaci partonového modelu hadronů, a přirozené splynutí kvarkového a partonového modelu v rámci kvantové chromodynamiky, jež byla formulována v roce 1973. Článek končí „listopadovou revolucí“ v roce 1974, kdy byla objevena rodina částic, které svědčily o existenci čtvrtého, půvabného kvarku, a jejichž vlastnosti jednoznačně prokázaly správnost koncepce „konkrétních“ kvarků George Zweiga. V první části článku je popsán teoretický a experimentální vývoj zhruba od poloviny 50. let 20. století až do publikace článků Gell-Manna a Zweiga počátkem roku 1964, v druhé pak následující desetiletí až do všeobecného přijetí kvarků jako fundamentálních částic standardního modelu.

**N**obelova cena za fyziku pro rok 2013 byla udělena Françoisi Englertovi a Peteru Higgsovi „za teoretický objev mechanismu, který přispěl k našemu pochopení původu hmotnosti subatomárních částic a který byl nedávno potvrzen objevem předpověděné fundamentální částice v experimentech ATLAS a CMS na urychlovači Large Hadron Collider v CERN“.

Higgsův boson byl posledním chybějícím článkem ve standardním modelu částicové fyziky, který popisuje základní stavební kameny hmoty a síly mezi nimi působící. Více než 99,9% hmotnosti nám známé hmoty je přitom obsaženo v protonech a neutronech, jež jsou ve standardním modelu složeny z kvarků. Pro pochopení důvodů, proč trvalo deset let, než byla myšlenka elementárních konstituentů, z nichž jsou složeny protony, neutrony, mezony a další hadrony, všeobecně přijata a proč tato myšlenka narazila zpočátku na silný odpor velké části fyzikální obce, je třeba připomenout okolnosti, za nichž se zrodila, a atmosféru, která v první polovině šedesátých let ve fyzice elementárních částic vládla.

Ačkoliv se v souvislosti s kvarky obvykle nehovoří o jejich objevu, protože v přírodě samostatně neexistují, je přesto analogie mezi tím, jak Rutherford objevil atomové jádro, a tím, jak Zweig objevil o padesát let později kvarky, velmi poučná. Tyto dva objevy spojuje i jedna další okolnost: ani za jeden nebyla přes jejich zásadní důležitost udělena Nobelova cena.

### Jak bylo objeveno atomové jádro

O objevu atomového jádra jsem psal podrobně v [1], zde připomenou jen klíčovou tabulku z práce Geigera a Marsdena [2]. V ní byly srovnány podrobné výsledky měření úhlového rozdělení alfa částic, které se rozptylovaly na zlaté a stříbrné fólii, s předpovědí Rutherforda [3] z roku 1911, odvozené v rámci klasické mechaniky za předpokladu, že veškerý kladný náboj v jádře je soustředěn ve velmi malém středu. Souhlas dat s touto předpovědí, měřený přibližnou konstantností čísel ve čtvrtém a šestém sloupci, byl s ohledem na jednoduchost experimentálního uspořádání pozoruhodný a jasně svědčil o správnosti Rutherfordova předpokla-



# Jozef Kvasnica a košická fyzika

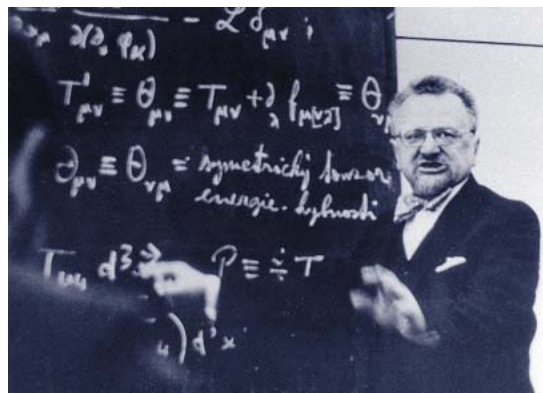
Angela Zentková, Anton Zentko

Prírodovedecká fakulta UPJŠ, Park Angelinum 9, 04001 Košice, Ústav experimentálnej fyziky SAV, Watsonova 47, 040 01 Košice

Keď som pred dvadsiatimi rokmi v novembri 1992 čítala parte fyzika prof. RNDr. Jozefa Kvasnicu, DrSc., zaujalo ma jeho motto, ktorým bol citát Alberta Einsteina „Len život, ktorý žijeme pre druhých, stojí za to“. Áno, jeho život bol skutočne pre druhých, povedali sme si vtedy s manželom a dcérou, veď sme sa veľmi dobre poznali a spolu komunikovali 35 rokov.

Prvýkrát sme sa s prof. Kvasnicom stretli v školskom roku 1957–1958 na Fakulte technickej a jadrovej fyziky ČVUT v Prahe, kde nám ešte ako študentom prednášal termodynamiku a štatistickú fyziku, v ďalšom roku aj Teóriu atómového jadra. Bol oponentom mojej diplomovej práce z Bruecknerovej teórie jadrovej matérie, v ktorej bol vypočítaný celkový príspevok k energii od trojčasticových interakcií. Jednalo sa o tri procesy, z ktorých prvý bol vtedy známy a vypočítaný, druhý predpovedal Bethe a tretí bol úplne nový. Konkrétny výpočet viedol k riešeniu na prvý pohľad jednoduchých integrálov, ktoré som nevedela analyticky vypočítať, a tak som ich vypočítala tak ako moji predchodcovia, numericky. Prof. Kvasnica nielenže našiel ich primitívne funkcie, ale hlavne ocenil môj komentár vtedy nového procesu: „Na tretí proces Bethe jednoducho zabudol“.

Keď som neskôr, približne po pätnástich rokoch zistila, že bez spolupráce našej košickej Katedry teoretickej fyziky a geofyziky Prírodovedeckej fakulty UPJŠ s fundovanejšími pracoviskami a skúsenejšími teoretickými fyzikmi sa ďaleko nedostaneme, nesmelo som zaklopať na dvere jeho pracovne na Karlove. Po vstupe do pracovne sa ma prof. Kvasnica spoza pracovného stola s neskrývaným prekvapením zneistene spýtal „Co si přejete?“. Po mojej odpovedi: „Som Angela Zentková, rodená Kujanová“, nasledoval úsmev a pre mňa šokujúca reakcia: „Áno, viem, Bethe na ten proces jednoducho zabudol“. A tým bolo všetko jasné. Nasledovalo srdečné prijatie, informácie o tom, čo všetko sa medzitým stalo, aké máme na katedre problémy, že by bolo potrebné katedre pomôcť nielen pedagogicky, ale aj odborne. Prof. Kvasnica hneď vytiahol zo šuplíka svojho písacieho stola hotové texty svojich viac ako dvadsiatich prednášok s tým, že ich okamžite môže začať realizovať. Začnime teda prednáškami, a to ostatné sa ukáže neskôr. U vtedajšieho dekana Prírodovedeckej fakulty UPJŠ prof. Juraja Daniela-Szabóa sa tento návrh stretol okamžite so záujmom a s porozumením a hneď na najbližšiu vedeckú radu pripravil návrh na zaradenie novej prednášky „Vybrané kapitoly teoretickej fyziky“ pre štvrtý ročník špecializácie Fyzika tuhých látok. Tento predmet potom prof. Kvasnica dochádzal každoročne prednášať do Košíc až do roku 1989. V jeho podaní tak odzneli v Košiciach prednášky z teórie grúp, z nerovnovážnej termodynamiky a štatistickej fyziky,



Obr. 1 Jozef Kvasnica počas prednášky.

teórie Greenových funkcií, teórie plazmy a mnohých iných oblastí teoretickej fyziky. Navštevovali ich nielen študenti a asistenti Prírodovedeckej fakulty UPJŠ, ale aj záujemcovia z Katedry fyziky Vysoké školy technickej a fyzici z ústavov Slovenskej akadémie vied v Košiciach. Po blokových prednáškach, ktoré zvyčajne trvali tri dni, sa ešte dlho do neskorého večera konzultovalo v priestoroch katedrovej knižnice, prípadne v mojej pracovni.

Počas jednej takejto návštevy došlo k havárii černo-byľskej jadrovej elektrárne. V ten večer po príchode z prednášok nás prof. Kvasnica požiadal o niekoľko hárkov kancelárskeho papiera a funkčné pero, aby odhadol príchod rádioaktívneho mraku do Košíc. K tomu potrebné informácie o aktuálnej sile a smere vetra sme mu získali od meteorológov z košického letiska. Na druhý deň, počas konania Kvasnicovej prednášky, sedel manžel v mojej pracovni s príslušným detektorom rádioaktívneho žiarenia a čakal na nástup zamorenia. Asi po hodine prednášky sa ticho otvorili dvere do posluchárne a spoza nich sa ozvalo: „Už je to tu.“ Pri najbližšej novej príležitosti sa teda vyhlásila prestávka, aby sme mohli skontrolovať priebeh rádioaktívneho pozdruhu z Černobyľa v Košiciach. Nebol to dobrý pocit a na vtedajšom prvomájovom sprievode sme sa samozrejme nezúčastnili.

Kvasnicove prednášky končili každý rok skúškou a nás hrial dobrý pocit, že absolventi fyziky košickej PF UPJŠ majú v indexoch aj podpis vynikajúceho teoretického fyzika, ktorý ako jediný fyzik z vtedajšieho Československa úspešne prekonal slávnou landauovskú

# Posledný polyhistor teoretickej fyziky Lev Davidovič Landau

Jozef Kvasnica

Predkladáme možno najúplnejšiu spomienku Jozefa Kvasnicu na Leva Davidoviča Landaua. Okrem Landauových populárnych kníh bol do slovenčiny preložený dvojdielny *Kratkij kurz teoretičeskoj fyziky* (spoluautor J. M. Lifšic) – nižšie spomína prekladateľ diela.

Veľmi dlho som uvažoval, do ktorej časti Leva Davidoviča Landaua zaradiť. Jeho priekopnícke práce zasahujú prakticky do všetkých oblastí teoretickej fyziky: od hydrodynamiky, termodynamiky, štatistickej fyziky, kvantovej teórie, fyziky tuhých látok, jadrovej fyziky, všeobecnej teórie relativity až po teóriu elementárnych častíc. Vecné i osobné dôvody mi nedovoľovali svojho učiteľa takto „rozkúskovať“, a tak som ho zaradil do časti o priekopníkoch fyziky nízkych teplôt, pretože za svoju originálnu teóriu supratekutosti dostal Nobelovu cenu. To nám však nebude brániť, aby sme sa nezmienili aj o jeho priekopníckych prácach v ostatných oblastiach fyziky.

Pretože som u Leva Davidoviča Landaua prežil takmer štyri roky, dovoľm si jeho portrét podať trochu osobnejšie. Mal som totiž dosť možností nazrieť do tajov jeho „tvorivej dielne“, štýlu práce, vytvárania jeho slávnej vedeckej školy, i do zákulisia, ktoré sprevádza každú (aj vedeckú) činnosť. A tak sa domnievam, že niektoré z postrehov a svedectiev by mohli zaujímať aj čitateľov tejto knižky.

S menom legendárneho fyzika Landaua som sa po prvý raz stretol, keď som si roku 1948 ako študent trenčianskeho gymnázia kúpil jeho monografiu *Teoriya pola*, ktorá dodnes patrí medzi skvosty svetovej fyzikálnej literatúry. Mnohému, čo bolo v tejto múdrej knihe, som vtedy nerozumel, ale snaha porozumieť jej podstatne ovplyvnila moje rozhodnutie venovať sa teoretickej fyzike. To som ešte netušil, že Majstrom, či skôr Veľmajstrom, u ktorého sa budem tejto vede učiť, bude práve autor spomínanej knihy.

Počas štúdia na Karlovej univerzite som sa postupne dozvedal, že mnoho fyzikálnych teórií, zákonov a vzorcov nesie Landauovo meno. To je najväčšia pocta pre každého vedca, keď sa po ňom pomenuje nejaká teória alebo vedecký zákon, keď jeho meno prejde do rubriky pojmov a vedeckých názvov.

Prvé Landauove práce z kvantovej štatistickej fyziky (tzv. matica hustoty) pochádzajú z roku 1926. Boli veľmi náročné a priekopnícke, preto som si myslel, že ich autorom bol zrelý vedec aspoň tridsaťročný. Keď som sa po absolvovaní univerzity dostal roku 1955 do Landauovej majstrovskej školy, predstavoval som si Majstra ako šedivého šesťdesiatnika. Hneď pri prvom stretnutí moju predstavu zmenil štíhly elegantný muž vo veku asi 45 rokov, plný fyzických i duševných síl. Vtedy som si vlastne uvedomil, že tie zrelé vedecké práce z roku 1926 boli dielom asi osemnásťročného mladíka. Tak sa mi otvorila lákavá perspektíva prežiť niekoľko „učňovských“ rokov pod Landauovým vedením, preto som sa hneď chopil neopakovateľnej príležitosti. To som našťastie netušil, aké galeje ma pritom čakajú. O tom však neskôr.

Lev Davidovič LANDAU sa narodil 22. januára 1908 v Baku. Jeho otec bol hlavným inžinierom Nobelovej<sup>4</sup> spoločnosti na ťažbu ropy, matka bola pôrodnou asistentkou.

Ako väčšina zázračných detí, ani malý Lev Landau to nemal v škole — a nielen v škole — jednoduché. Robil iba to, čo považoval za užitočné a zaujímavé. Keď mu učiteľ vyčítal, že nepekne píše, ohradil sa, že nechce byť písá-



„Landauov *Úvod do teoretickej fyziky* som prekladal v čase, keď sa zavádzala sústava SI a nová terminológia. Redakcia Alfy nástojila, aby som všetky vzorce a rovnice prepísal z CGSE do SI. Výsledok bol hrôzostrašný, hlavne v kvantovke. Našťastie, Lifšic odmietol podpísať zmluvu, ak vzťahy zostanú v SI. Redakcia ustúpila. S termínmi – hmotnosť, hybnosť, impulz – som mal problémy s kolegami, ktorí používali hmotu namiesto hmotnosti, impulz namiesto hybnosti atď. Veľa sme diskutovali aj pri termínoch, ktoré ešte neboli v slovenčine ustálené, ale napokon sme vždy dospeli ku konsenzu. Tak sa zrodila súčasná terminológia.“ Juraj Šebesta



<sup>4</sup> Vynálezca dynamitu Alfred Nobel, po ktorom sú pomenované najslávnejšie vedecké počty — Nobelove ceny —, vlastnil ťažobné veže v Baku.

# Jednoduché kvarkové modely mezonu v úlohách pro fyzikální olympioniky

Jan Kříž, Ivo Volf, Bohumil Vybíral

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

V tomto příspěvku věnovanému úlohám z fyzikálních olympiád se zaměříme na velmi moderní oblast fyziky – částicovou fyziku. Ukážeme dva příklady úloh, jejichž společným jmenovatelem je kvarkový model mezonu. Modely jsou natolik jednoduché, že je možné je řešit prostředky středoškolské fyziky.

**O** tom, že v úlohách různých kol fyzikálních olympiád, tedy soutěží pro středoškoláky, lze nalézt i velmi moderní fyziku, jsme na stránkách Československého časopisu pro fyziku již několikrát informovali, viz [1–6]. Představujeme zde dvě úlohy z moderní fyziky určené pro fyzikální olympioniky, které ukazují, že i do úloh pro středoškoláky lze zavést koncept kvarku. Obě úlohy využívají velmi jednoduchý kvarkový model mezonu a jsou řešitelné čistě středoškolskými relativistickými metodami, tedy bez použití kvantové mechaniky. První z úloh dokonce ani nevyžaduje použití vyšší matematiky.

První úloha je převzata z 25. ročníku Mezinárodní fyzikální olympiády, který proběhl v roce 1994 v Číně (ČLR, v Pekingu). Mimochodem, úlohy zadané právě na této olympiádě se ukázaly být velmi náročnými a bodové zisky soutěžících byly v tomto ročníku výrazně podprůměrné. Podle tehdejších pravidel tak bylo mezi soutěžící rozděleno pouze 6 zlatých, 5 stříbrných a 22 bronzových medailí. Dalších 37 studentů získalo čestné uznání. Malý počet ocenění byl organizátory kompenzován udělením 90 mimořádných ocenění. Pro srovnání, v roce 1994 soutěžilo v Číně 46 maximálně pětičlenných týmů. Při rekordní účasti 397 soutěžících z 85 států (v roce 2011 v Thajsku) bylo rozdáno 54 zlatých, 68 stříbrných a 93 stříbrných medailí. Dalších 67 studentů obdrželo čestná uznání, naproti tomu mimořádná ocenění byla jen 4. Původní text úlohy v angličtině je k dispozici na webu Mezinárodní fyzikální olympiády [7], upravený překlad je dílem autorů tohoto příspěvku.

Při snaze nalézt další úlohu fyzikální olympiády, která by obsahovala tematiku kvarků, jsme narazili na úlohu, kterou zde uvádíme mírně upravenou pod názvem „Strunový hmotný mezon tvořený nehmotnými kvarky“. Tato úloha byla zadána v rámci přípravy bangladéšského týmu pro Mezinárodní fyzikální olympiádu v loňském roce, viz [8]. Představuje opět velmi jednoduchý relativistický model, v němž (tuhou) strunou spojené nehmotné kvarky rotují okolo společ-

ného hmotného středu rychlostí světla. Ačkoliv by se mohlo zdát, že se jedná pouze o zajímavé cvičení pro řešitele olympiád, tento jednoduchý systém se používá v jednom ze základních modelů simulujících srážky elementárních částic, tzv. Lundském modelu struny. Podrobný návod na řešení úlohy lze tak nalézt v odborné literatuře, např. v práci [9].

## RELATIVISTICKÝ JEDNOROZMĚRNÝ DVOUKVARKOVÝ MEZON

Ve speciální teorii relativity je vztah mezi energií  $E$  a hybností  $p$  volné částice s klidovou hmotností  $m_0$  dán rovnicí

$$E = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4} = mc^2.$$

Působí-li na takovou částici konzervativní síla, celková energie částice, daná součtem  $\sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4}$  a potenciální energie, se zachovává. Je-li energie částice velmi vysoká, je možné klidovou energii zanedbat (takováto částice se pak nazývá ultrarelativistická).

- Uvažujte jednorozměrný pohyb vysoce energetické částice (její klidovou energii lze zanedbat) v poli přitažlivé centrální síly s konstantní velikostí  $f$ . Předpokládejte, že se částice nachází ve středu centrální síly s počáteční hybností  $p_0$  v čase  $t = 0$ . Popište pohyb částice vykreslením grafů závislosti polohy  $x$  částice na čase a hybnosti  $p$  částice na její poloze  $x$  pro nejméně jednu periodu pohybu. Určete souřadnice bodů obratu v závislosti na zadaných parametrech  $p_0$  a  $f$ . Šipkami znázorníte směr pohybu v  $(p, x)$  grafu. Během pohybu mohou být krátké časové intervaly, během nichž není částice ultrarelativistická. Tento efekt můžete zanedbat.
- Mezon je částice složená ze dvou kvarků. Klidová hmotnost  $M$  mezonu se rovná celkové energii dvoukvarkového systému dělené  $c^2$ . Uvažujte jednorozměrný model mezonu v klidu, ve kterém se





# Magnetické guľôčky a meranie indukcie magnetického poľa Zeme



Lubomír Konrád

Gymnázium, Veľká okružná 22, 010 01 Žilina; lubomir.konrad@gmail.com

## Úvod

Inšpiráciou k napísaniu tohto článku bola jednoduchá, ale veľmi originálna súťažná úloha v prvom ročníku Medzinárodnej olympiády z experimentálnej fyziky (IEPhO; [www.iepho.com](http://www.iepho.com)), ktorá sa konala 28. novembra až 6. decembra 2013 v tábore Komanda pod Istrou pri Moskve v Ruskej federácii. Ide o úplne nový typ fyzikálnej súťaže, ktorá kladie na prvé miesto riešenie experimentálnych fyzikálnych úloh a rozvíjanie tvorivého myslenia a praktických zručností potrebných pre zvládnutie reálneho experimentu u žiakov stredných škôl. Súťaž organizovalo Moskovské centrum nepretržitého prírodovedného vzdelávania v spolupráci s jednou z najvýznamnejších ruských vysokých škôl – Moskovským fyzikálno-technickým inštitútom (MFTI). Hlavným organizátorom a dušou celej súťaže bol Dmitrij Anatoljevič Alexandrov z MFTI. O tom, že súťaži bola venovaná mimoriadna pozornosť, svedčí aj fakt, že úvodný príhovor na otváracom ceremoniáli predniesla legenda ruskej aj medzinárodnej fyzikálnej olympiády, Stanislav Mironovič Kozel. Na súťaži sa zúčastnilo aj družstvo Slovenskej republiky, ktoré v náročnej konkurencii skúsených a dlhodobo intenzívne pripravovaných riešiteľov národných i medzinárodných fyzikálnych súťaží z Ruska, Bulharska, Arménska či Kazachstanu získalo zásluhou Patrika Turzáka z gymnázia na Poštovej ulici v Košiciach jednu striebornú medailu. Okrem tohto úspechu nás teší aj fakt, že členmi súťažnej poroty boli Lubomír Konrád a Lubomír Mucha (podpredsedovia Slovenskej komisie fyzikálnej olympiády). Prvému menovanému sa navyše dostalo cti na slávnostnom ukončení súťaže odovzdávať spolu s Janom Mostowskim (Poľsko) a Gagikom Grigorjanom (Arménsko) medaily víťazom súťaže.

## Experimentálne úlohy pre talenty

Počas súťaže riešili žiaci v troch kolách po dve experimentálne úlohy. Všetky mali veľmi zaujímavé námety a pre ich úspešné zvládnutie riešitelia museli zvládnuť základné techniky merania fyzikálnych veličín, pričom často používali veľmi jednoduché pomôcky. Žiaci museli v niektorých úlohách odhadnúť, ktoré veličiny a javy môžu zanedbať, a ktoré naopak majú podstatný vplyv na výsledky merania. Niektoré úlohy zase vy-

žadovali vlastný nápad, ako pomocou poskytnutých pomôcok odmerať požadovanú veličinu. Tieto tvoriť úlohy boli pre našich žiakov prekvapivé, pretože sa s nimi prakticky nestretávajú. Ukázalo sa, že pri riešení takýchto úloh môžu naplno uplatniť okrem teoretických poznatkov aj vlastnú invenciu a tvorivý prístup k riešeniu problémov. Bolo by preto vhodné, keby sa podobné úlohy objavovali aj v príprave našich žiakov, a to nielen v rámci FO, ale aj na hodinách fyziky.

## Úloha s magnetickými guľôčkami

Určite ste sa už stretli s magnetickými guľôčkami, z ktorých sa dá zložiť kocka, prípadne ďalšie zaujímavé útvary. Jednotlivé guľôčky sú silné neodýmové magnety. Súprava sa často predáva v obchodoch ako „hlavolam“ pod názvom NeoCube. O tom, že sa táto hračka dá využiť aj zmysluplne a že je možné pomocou nej odmerať hodnotu reálnej fyzikálnej veličiny, svedčí nasledujúca úloha, ktorú riešili účastníci IEPhO. Úloha bola rozdelená na dve samostatné časti, pričom výsledky jednej časti sa dali použiť pri riešení druhej časti.

### 1. úloha – Torzné kmity „magnetky“

**Pomôcky:** torzné kyvadlo zložené z 13 rovnakých magnetických guľôčok, stopky, pravítko, ceruzka, milimetrový papier.

Hmotnosť magnetickej guľôčky  $m = 500$  mg, magnetický moment guľôčky  $p_m = 56,5$  mJ/T.

Vieme, že v magnetickom poli Zeme sa magnetka orientuje v smere juh – sever. Súvisí to s tým, že na magnetku s magnetickým momentom  $\mathbf{p}_m$  v magnetickom poli s indukciou  $\mathbf{B}$  pôsobí moment sily  $\mathbf{M} = \mathbf{p}_m \times \mathbf{B}$  (analogický s momentom sily pôsobiacim na elektrický dipól v elektrickom poli). Magnetický moment je vektor, ktorý má smer od južného k severnému magnetickému pólu magnetu. Ak majú magnetický moment a magnetické pole rovnaký smer, moment sily je nulový a magnetka sa nachádza v stabilnej rovnovážnej polohe. Ak magnetický moment má opačný smer ako magnetické pole, moment sily je tiež rovný nule, ale v tomto prípade je magnetka v nestabilnej rovnovážnej polohe. Nakoľko energia magnetického dipólu v magnetickom poli je daná vzťahom  $E = -\mathbf{p}_m \cdot \mathbf{B}$ , tak rovnovážnemu sta-

# Elementární model tuhnutí vosku

## Gymnaziální studentský projekt

Karolína Rezková<sup>1</sup>, Jana Musilová<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gymnázium Tišnov, Na Hrádku 20, 666 01 Tišnov; rezkovak@gmail.com

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

Příspěvek přináší výsledky studentského středoškolského projektu (první autorka), zaměřeného na rozvoj tvůrčích schopností studentů ve fyzice a v přírodních vědách obecně. Zabývá se problematikou tuhnutí vosku, konkrétně vysvětlením tvaru povrchu ztuhlého vosku v souvislosti s rozměry válcové nádoby. Pozorování ukazují, že tvar povrchu s rozměry nádoby významně souvisí. Rozhodující veličinou je vztah mezi průměrem nádoby a výškou rozpuštěného vosku. Tento fakt je objasněn jednak kvalitativně, jednak pomocí jednoduchého matematického modelu umožňujícího výpočet tvaru ztuhlého povrchu. Cílem projektu je nejen vysvětlit uvedený zajímavý, poměrně snadno reprodukovatelný fyzikální jev, ale zejména přispět k posílení fyzikálního myšlení studentů.

### Úvod

V České republice i v zahraničí existuje řada fyzikálních soutěží, jejichž cílem je popularizovat fyziku v řadách středoškolských studentů. Nejznámější z nich u nás i ve světě je nepochybně Fyzikální olympiáda. Jejím nejvyšším stupněm je Mezinárodní fyzikální olympiáda (International Physical Olympiad, IPhO, viz např. [1, 2]). Odborná úroveň této soutěže je vysoká, ale soutěž se zaměřuje spíše na řešení úloh standardní gymnaziální fyziky, byť podstatně obtížnějších a komplexnějších, než je obvyklé při běžné výuce. Existují však i soutěže zaměřené na rozvoj tvůrčích schopností studentů, ať již ve fyzice nebo v přírodních vědách obecně. Zmínit lze například Mezinárodní turnaj mladých fyziků (International Young Physicists' Tournament, viz [3]) či European Union Science Olympiad, viz [4]. Mezi různými regionálními, národními i mezinárodními soutěžemi, soustředěnými mj. i na fyziku, stojí za zmínku česká soutěž N-Trophy, viz [5]. Je to soutěž týmů středoškolských studentů ve fyzice, chemii, biologii a logice. I když jde o soutěž poměrně „mladou“ (poprvé v roce 2011), získala si již dobré jméno díky své odborné úrovni. Počet registrovaných týmů se každoročně pohybuje kolem stovky, dvanáct až šestnáct nejlepších postupuje do finále. Hlavním cílem této aktivity je rozvíjet tvůrčí schopnosti studentů v přírodních vědách. Týmům jsou proto předkládány nestandardní, poměrně obtížné a komplexní úkoly vyžadující samostatný tvůrčí přístup experimentální, teoretický či interpretační.

Zajímavý problém se objevil ve třetím ročníku soutěže (2013). Týká se problematiky fázového přechodu

a tepelných vlastností látek, konkrétně tuhnutí vosku. Formulace zadání je následující:

*Ve vhodné nádobě roztavte asi 200 ml vosku. Pak nádobu odložte na klidné místo a nechte vosk opět zcela ztuhnout – v nádobě uvidíte zvláštní tvar ztuhlé hladiny. Vysvětlete, proč došlo k natvarování hladiny a prozkoumejte různé parametry, na kterých by tvar hladiny mohl záviset. Pokuste se o kvantitativní popis nebo model, který by vysvětloval tvar hladiny.*

Vzdělávací hodnota takovýchto motivačních problémů spočívá v kombinaci experimentu, kvalitativní interpretace a kvantitativního modelu. Jejich předností je i to, že nevyžadují žádné speciální zázemí znalostí. Na první pohled se však výše formulovaný problém jeví pro kvantitativní zpracování poměrně obtížným a ani autorské řešení [6] kvantitativní výklad neobsahuje, i když je v zadání požadován. Přesto je v možnostech středoškolského studenta problém řešit pomocí elementárního matematického aparátu aplikovaného na jednoduchý fyzikální model, jak ukazujeme v tomto příspěvku.

Druhý odstavce tohoto příspěvku shrnuje výsledky pozorování tuhnutí vosku ve válcových nádobách různého typu, lišících se rozměry, konkrétně poměrem průměru nádoby a výšky původně rozpuštěného vosku. Ve třetím odstavci je uvedeno kvalitativní zdůvodnění tvaru pozorovaných povrchů, čtvrtý odstavce předkládá nejjednodušší model tuhnutí vosku a elementární numerický výpočet tvaru povrchu. Ukazuje se však, že tento model nevystihuje všechny pozorované situace, proto je v pátém odstavci poněkud zobecněn. Odstavec šestý je pak dodatkem obsahujícím analytické řešení.

# Druhý rok programu Stipendium Georga Placzeka v GESCI BRNĚNSKÉ POBOČKY JČMF

**Marie Fojtíková**

Kancelář České konference rektorů, Žerotínovo náměstí 9, 601 77 Brno; fojtikova@muni.cz

**O** programu Stipendium Georga Placzeka, který byl od svého vzniku v letech 2009 až 2012 v gesci Vzdělávací nadace Jana Husa, byly uveřejněny v Československém časopise pro fyziku tyto zprávy:

- Stipendium Georga Placzeka [Čs. čas. fyz. 59 (2009)],
- První ročník programu Stipendium Georga Placzeka [Čs. čas. fyz. 60 (2010)],
- Úspěšné tři roky programu Stipendium Georga Placzeka [Čs. čas. fyz. 62 (2012)].

## Nositeli Stipendia Georga Placzeka v letech 2009–2012 se stali

### 2009

- **Pavel Malý**, absolvent Gymnázia Christiana Dopplera v Praze, student Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy v Praze;
- **Vojtěch Bednář**, absolvent Gymnázia v Poličce, student Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské Českého vysokého učení technického v Praze;

### 2010

- **Lukáš Fajt**, absolvent Gymnázia Dašická v Pardubicích, student Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy v Praze;

### 2011

- **Martin Bucháček**, absolvent Gymnázia Luďka Pika v Plzni, student Trinity College, University of Cambridge, UK;
- **Dominik Miketa**, absolvent Gymnázia Nad Kavalírkou v Praze, student Balliol College, University of Oxford, UK;

### 2012

- **Stanislav Fořt**, absolvent Gymnázia Pierra de Coubertina v Táboře, student Trinity College, University of Cambridge, UK;
- **Jana Smutná**, absolventka Lycée Alphonse Daudet v Nîmes, studentka Imperial College London, UK.

V roce 2013 došlo po jednáních původních iniciátorů a spoluvůrců programu Stipendium Georga Placzeka

ka Martina Černohorského a Marie Fojtíkové k převzetí gesce programu Brněnskou pobočkou JČMF. Dohoda o spolupráci Brněnské pobočky JČMF s Nadací rodiny Placzekovy (Placzek Family Foundation, USA) a s domácím sponzorem firmou Delong Instruments byla uzavřena 3. srpna 2013 při brněnské návštěvě synovce Georga Placzeka F. Anthonyho Placzeka, prezidenta Správní rady Nadace rodiny Placzekovy (Placzek Family Foundation, USA). Signatáři jsou předseda Výboru Brněnské pobočky JČMF Jaroslav Beránek, prezident Správní rady Nadace rodiny Placzekovy F. Anthony Placzek a prezident firmy Delong Instruments Vladimír Kolařík.

## Nositeli Stipendia Georga Placzeka se v roce 2013 stali

- **Lubomír Grund**, absolvent Gymnázia Christiana Dopplera v Praze, student Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy v Praze;
- **Filip Murár**, absolvent Gymnázia v Třebíči, student Trinity College, University of Cambridge, UK.



Před podpisem dohody Brněnské pobočky JČMF s Nadací rodiny Placzekovy a s firmou Delong Instruments. Zprava: Martin Černohorský, F. Anthony Placzek, Karel Lepka, Jaroslav Beránek, Marie Fojtíková. Brno 3. 8. 2013.



# Vláďa Šimák již OSMDESÁTNIKEM?!

## Vážné i nevážné vzpomínky kolegy, souputníka a konkurenta

Jan Hladký

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

Teprve „nedávno“ jsme se v „Křemencárně“ seznámili a již mám psát k jeho jubileu – to to uteklo...

Vladislav Šimák se narodil 20. dubna 1934 na Tábořsku ve vesnici Měšice. Jeho rodina pracovala na středním hospodářství, kde Vláška od malička rovněž pomáhal (*jezdil rád s kravami, zatímco já s voly*). Často chodil k panu faráři do kostela ministrovat a k zámeckým besedovat. Gymnázium navštěvoval v Táboře, kde maturoval v r. 1953. Již v té době se zajímal o astronomii a dělal demonstrátora na hvězdárně v Táboře. Na Matematicko-fyzikální fakultu Univerzity Karlovy (MFF) v Praze nastoupil v r. 1953.

Na fakultě se mu líbily přednášky z oboru jaderné fyziky, kterou tam reprezentovali hlavně profesori Václav Petržílka a Václav Votruba. Již v pátém semestru studia navštěvuje pracoviště skupiny kosmického záření RNDr. J. Pernegra z Fyzikálního ústavu ČSAV v Křemencově ulici a pod jeho vedením pracuje na své diplomové práci, kde se zabývá studiem problémů v kinematice jevů vzniklých v interakcích kosmického záření s jádry fotografických emulzí. Studium na fakultě ukončil diplomem v r. 1958 a poté měl nastoupit na umístěnku do Škodových závodů v Plzni, kde se vyráběla reaktorová technika. Vlášku však více bavila vědecká práce, a proto se mu již v r. 1958 podařilo získat místo asistenta u prof. Petržílky na MFF a později v r. 1959 na tehdy nedávno založené Fakultě technické a jaderné fyziky (FTJF) na Českém vysokém učení technickém (ČVUT) v Praze, kde se stal prof. Petržílka děkanem. Na fakultě se musel také účastnit pedagogické práce, jednak v praktiku jaderné fyziky a dále ve cvičeních k přednáškám profesora z atomové a jaderné fyziky. Dlouho tam však nevydržel. Fascinovala ho jednak pracovní i přátelská atmosféra v Křemencárně, kterou si tam vychutnával již jako student, a dále zejména sám jeho hlavní učitel J. Pernegr. Ten mu mj. na tabuli často psal různé matematické formule, které pak spolu používali při analýze interakcí v jaderných emulzích. Proto k němu přechází již v půli roku 1960 do Fyzikálního ústavu ČSAV. Formulky ho fascinovaly celou jeho vědeckou kariéru až dodnes. Používal je hlavně pro studium mnohočasticové produkce. Ta mu zase později pomáhala získávat studenty k výběru témat jejich diplomových prací. Většina z nich pak pracovala v oddělení vysokých energií, které vzniklo ve Fyzikál-

ním ústavu ČSAV v Praze po odchodu prof. Petržílky na nově založenou fakultu FTJF.

J. Pernegr ve Vlášcevi našel velmi nadaného žáka a věnoval mu svoji veškerou možnou podporu. (*Byl pro něho „obrněncem“, zatímco já jen „lehkou kavalerii“*.) Tak mohl V. Šimák podat a obhájit kandidátskou disertaci (CSc.) již v r. 1963. Žák byl ke svému učiteli zprvu vždy naprosto loajální, i když se později při vášnivých vědeckých disputacích často neshodovali. Přesto mu v Praze izolovaný Pernegr plně důvěřoval, zejména při výběru témat mezinárodní spolupráce v experimentech v CERN. Umožňoval mu tím další růst ve světových centrech nukleární fyziky. Při návštěvě prof. Peyroua z CERN v Praze bylo dohodnuto, že Vláška odjede pracovat do jeho sekce bublinových komor. V r. 1963 získává V. Šimák pro tento pobyt skromné stipendium Mezinárodní agentury pro atomovou energii a vybírá si ze dvou skupin – B. Frenche a L. Montaneta – tu první. Pracuje na svazku antiprotonů 5,7 GeV, které se srážejí s protony v bublinové komoře naplněné tekutým vodíkem. Vrací se po dvou letech zpět do domovské skupiny ve Fyzikálním ústavu a přiváží s sebou tento experiment, aby v něm dále spolu s dalšími fyziky pokračoval na dlouholeté spolupráci Prahy se



Obr. 1 V. Šimák přednáší na zámku v Liblicích.



Zlatá medaile PRAEMIUM BOHEMIAE

# PRAEMIUM BOHEMIAE talentům na fyziku a jiné přírodovědné obory

Bohumil Vybíral

Katedra fyziky, Univerzita Hradec Králové, Rokitanského 62, 500 03 Hradec Králové; Bohumil.Vybiral@uhk.cz

## Mecenášství pro mladé české přírodovědce

Podporovat orientaci mladých lidí na vědu je prozíravé a záslužné – zejména pokud jde o přírodovědné obory a matematiku. Díky odkazu mecenáše a filantropa Bohuslava Jana Horáčka tuto aktivitu od roku 2001 provádí nadace jím roku 2000 zřízená – *Nadace Bohuslava Jana Horáčka Českému ráji* (dále jen Nadace). Od roku 2001 oceňuje nadačními cenami PRAEMIUM BOHEMIAE studenty – výrazné talenty, kteří příkladně reprezentovali Českou republiku na světových přírodovědných olympiádách (ve fyzice, chemii, biologii, astronomii s astrofyzikou), v matematice a informatice a v soutěži vybojovali medaili. Jde o úspěšné řešitele na těchto světových, každoročně konaných středoškolských soutěžích: Mezinárodní fyzikální olympiáda, Mezinárodní chemická olympiáda, Mezinárodní biologická olympiáda, Mezinárodní matematická olympiáda, Mezinárodní olympiáda v informatice. Od roku 2012 jde také o české řešitele s medailovým úspěchem na Mezinárodní olympiádě v astronomii s astrofyzikou. Studentům byly tyto ceny v období let 2001–2013 uděleny již třináctkrát. Udílení cen se koná každoročně na zámku Sychrov, vždy 4. prosince, v den výročí narození zakladatele B. J. Horáčka.



**Obr. 1** Z aktu udílení cen PRAEMIUM BOHEMIAE 2013, zleva: F. Horáček (předseda správní rady), J. Horáček (člen správní rady, syn mecenáše), L. Grund (oceněný student – fyzik), B. Vybíral (organizátor akce) a L. Šubert (jednatel Nadace). (Foto: J. Kříž)

V roce 2013 čeští studenti přírodovědci vybojovali celkem 19 olympijských medailí, z toho 1 zlatou, 7 stříbrných a 11 bronzových. Jeden student (Štěpán Šimsa) získal na různých olympiádách medaile dvě (zlatou v matematice a bronzovou v informatice) a obdržel dvojitou cenu PRAEMIUM BOHEMIAE 2013 a zlatou nadační medaili. Hodnota nadační ceny za zlatou medaili v roce 2013 byla 35 tisíc Kč, za stříbrnou 20 tisíc Kč a za bronzovou 15 tisíc Kč. Nadace tedy na odměnách studentům vyplatila 340 tisíc Kč. K finanční odměně náleží nadační medaile PRAEMIUM BOHEMIAE z odpovídajícího kovu, jakou má medaile olympijská, a na jejím rubu je vyryto jméno studenta. Nadace v roce 2013 studentům udělila 1 zlatou, 7 stříbrných a 10 bronzových nadačních medailí s diplomem.

Od roku 2001, za třináct ročníků, bylo talentovaným studentům uděleno celkem 277 cen PRAEMIUM BOHEMIAE a finanční odměna v celkové výši již 4 737 500 Kč. To je zcela ojedinělá aktivita rodinné nadace Horáčků orientovaná na podporu pro společnost nejvíce žádoucích přírodních věd u mladé české generace. Významné také je, že tato aktivita bude pokračovat i do budoucna.

Uvedených 277 nadačních cen PRAEMIUM BOHEMIAE dosud získalo „jen“ 180 mladých přírodovědců. Je to dáno tím, že se vyskytují natolik talentovaní čeští studenti a studentky, kteří na mezinárodních olympiádách dokážou získat medaile v různých letech nebo i na dvou olympiádách z různých oborů v témže roce – pak je udělena dvojitá cena. V období let 2001 až 2013 bylo dvojitých cen uděleno dvanáct, 49 studentů získalo nadační cenu dvakrát v různých letech, sedm studentů třikrát, šest studentů čtyřikrát a jeden dokonce pětikrát. Tohoto zcela výjimečného úspěchu v uplynulém dvanáctiletí – pěti nadačních cen PRAEMIUM BOHEMIAE – dosáhl chemik Ondřej Hák (2009 – dvojitá cena, 2010, 2011 a 2012). Čtyři nadační ceny získali chemici Eva Pluhařová (2002, 2003, 2004 a 2005) a František Petrouš (2010 – dvojitá cena, 2011, 2012), matematik a informatik Pavel Čížek (2001, 2002, 2003 – dvojitá cena), fyzici a současně astronomové/astrofyzici Stanislav Fořt a Jakub Vošmera (oba dvojitá cena v letech 2011 a 2012) a matematik a informatik Stanislav Šimsa (2011, 2012 a 2013 – dvojitá cena).

Mezi oceněnými ve sledované období 2001 až 2013 udílení cen PRAEMIUM BOHEMIAE je 61 mladých fy-

# Recenze knih

FRANK WILCZEK  
(PŘEKLAD: JAN FISCHER)

## Lehkost bytí aneb bytí jako světlo

O hmotnosti, éteru a sjednocování sil

Nakladatelství Paseka 2011, edice Dokořán,  
ISBN: 978-80-7432-146-7, cena: 350 Kč

Nobelova cena za fyziku pro rok 2013 byla udělena  
Françoisi Englertovi a Peteru Higgsovi

*„za teoretický objev mechanismu, který přispěl k našemu pochopení původu hmotnosti subatomárních částic a který byl nedávno potvrzen objevem předpověděné fundamentální částice v experimentech ATLAS a CMS na urychlovači Large Hadron Collider v CERN“.*

Toto odůvodnění obsahuje časté, ale matoucí tvrzení o původu hmotností „subatomárních částic“, neboť hmotnosti protonů a neutronů, jež jsou jistě subatomární částice, představují 99,97% hmotnosti atomů a přitom s Higgsovým bosonem nikterak nesouvisí. O tom, jak skutečně vzniká hmotnost protonů a neutronů, ale nejen o tom, je kniha Franka Wilczeka, jenž společně s Davidem Grosseem a Davidem Politzerem získal v roce 2004 Nobelovu cenu za fyziku a to „za objev asymptotické volnosti v teorii silných interakcí“.

V první části knihy Wilczek připomíná, jak dramatickou změnou prošel při přechodu od klasické k moderní fyzice vztah mezi hmotou (anglicky matter), která má hmotnost (anglicky mass), a světlem, které má energii, ale ne hmotnost. Klasická fyzika je založena na předpokladu, tak samozřejmém, že se většinou ani výslovně neuvádí, že hmotnost se zachovává a je proto v jistém smyslu primárnější než energie. Manipulací s hmotnými částicemi, například jejich udržováním na kruhové dráze v urychlovačích, lze vyrobit světlo, ale opačně to v klasické fyzice nejde. Srážkou dvou fotonů například pár elektron-pozitron podle klasické fyziky vzniknout nemůže. V moderní fyzice založené na teorii relativity a kvantové teorii, v níž se hmotnost nezachovává a rozdíl mezi hmotou a světlem se stírá, to není problém a primárnějším se tak stává energie. Výchozím bodem je Einsteinova práce z roku 1905 příznačně nazvaná *Závisí setrvačnost tělesa na energii, kterou obsahuje?*, jež obsahuje vztah mezi hmotností  $m$  a energií  $E$  tělesa v klidu ve tvaru  $m = E/c^2$ . Tento tzv. druhý Einsteinův zákon je klíčem k pochopení původu hmotností protonu, neutronu a dalších podobných částic.

Těžiště knihy je v prostřední části, věnované této otázce, a ústředním pojmem je „vakuum“, zdánlivě prázdný prostor v kvantové teorii pole, jež je podle Wilczeka „hnacím motorem“ reality. Používá pro něj výraz „grid“, v doslovném překladu „mřížka“ či „sít“. Překladatel zvolil volnější, ale daleko vhodnější výraz „tkanivo“. Wilczek popisuje vývoj obsahu tohoto pojmu od primitivního predeinsteinovského éteru k současnému chápání vakua jako základního stavu kvantového pole, v němž sice nejsou částice, ale které přímo vř kvantovými fluktuacemi. Podrobně se zabývá vlastnostmi tkaniva v kvantové chromodynamice a jejím vlivem na síly působící mezi kvarky a gluony. Koncem 60. let minulého století existoval model popisující protony, neutrony a další podobné částice souhrnně nazvané *hadrony* jako vázané stavy tří „barevných“ kvarků, resp. kvarků a antikvarků. Výraz „barva“ neměl význam optické barvy, ale vyjadřoval skutečnost, že kvarky existují ve třech mutacích a hadrony v tomto modelu představovaly „bezbarvé“ kombinace kvarků a antikvarků. Tento tzv. kvarkový model byl založen na určité symetrii mezi do té doby objevenými hadrony, ale čelil dvěma vážným problémům: samotné kvarky se nedařilo najít, což naznačovalo, že jsou v hadronech vázány velmi silně, ale na druhé straně se v tvrdých srážkách hadronů chovaly naopak jako velmi slabě vázané objekty. Tento protiklad se zdál v rámci tehdejších teorií kvantových polí neřešitelný.

Na jaře roku 1973 však Gross, Wilczek a Politzer ukázali, že existuje třída teorií pole, v nichž se efektivní vazbová konstanta, analog elektrického náboje v kvantové elektrodynamice, chová zcela neočekávaným a kontraintuitivním způsobem, který zmíněný problém kvarkové-



Frank Wilczek



## Abstracts of review articles

**Tomáš Ledvinka:**

### **Have inflation gravitational waves been observed?**

**Abstract:** The recently announced results from the BICEP2 experiment are interpreted as an indirect observation of inflation gravitational waves. In this article we briefly discuss the cosmic inflation hypothesis, what is the B-mode, how it was measured, and why the polarization of the cosmic microwave background radiation can reveal how strong gravitational waves were present in the universe during this early epoch.

**Slavomír Entler:**

### **Lawson criterion – the criterion of fusion energetics**

**Abstract:** Nuclear fusion is the probable future of energy. Currently, there is no other energy source that could replace fossil fuels and nuclear fission energy. Nuclear fusion is also absolutely safe, highly ecological and especially, from a human point of view, an inexhaustible source of energy. The link between the plasma experiment and the fusion energy recovery is represented by a simple formula – the Lawson criterion.

### **Jiří Blahovec: Thermal properties of agricultural products and foodstuffs**

**Abstract:** Anyone who has barbecued meat, deeply frozen vegetables or fish, fried cheese, rendered lard, prepared popcorn, and so on, would certainly express no doubts about the practical importance of thermal properties of agricultural products and

foodstuffs. Of course, there is also a more fundamental interest in the understanding of laws describing the behaviour of complex soft matter, represented by these materials. Their properties can change with temperature variations both continuously and suddenly. The sudden changes are connected with thermally initiated structural transformations occurring in a material. A well-known example of such a transformation is a phase transition. Phase transitions of components of these unique (but widely spread) materials are introduced in this review article summarizing thermal properties of agricultural products and foodstuffs.

### **Lubomír Konrád: Magnetic NeoCube and measurement of Earth's magnetic field**

**Abstract:** This article deals with the possibility of the use of Magnetic NeoCubes to measure the Earth's magnetic field. The measurement was carried out as a part of a high-school lessons/labs on magnetism.

### **Karolína Rezková, Jana Musilová: A simple model for molten wax solidification (a student research project)**

**Abstract:** The first author, a high-school student, together with the second author, a project supervisor, presents a simple model of the solidification of liquid wax poured into a cylindrical vessel. The results obtained with the model are tested in a series of experiments carried out inside cylindrical containers of different dimensions. There is a good agreement achieved between theory and experiment. The main goal of this project is to identify and investigate a physical phenomenon which would test and enhance students' creativity.



Úžasné Divadlo Fyziky

DIVADLO **UDiF** FYZIKY

*Svět je krásnější, když víte, jak funguje...*

Začali jsme s nápadem „ukazovat fyziku zajímavě“.  
Ten nápad nás nepustil.

Vysvětlujeme co nejjasněji  
a provokujeme Vás k přemýšlení.

Ukazujeme Vám experimenty  
a nabádáme Vás k domácímu kutění.

Snažíme se o co nejbližší kontakt s publikem  
a vtahujeme Vás do hry.

**Již šest let jezdíme na  
školy/školky, firemní večírky,  
konference a veřejné akce.**

Více na [www.udif.cz](http://www.udif.cz)  
vystoupeni@udif.cz, +420 724 720 605