

# ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU

## 5/2013

Založen roku 1872 jako  
„Časopis pro pěstování matematiky a fyziky“  
Vydává Fyzikální ústav Akademie věd  
České republiky, v. v. i.  
Vychází 6 čísel ročně,  
uzávěrka tohoto čísla: říjen 2013  
Founded in 1872 as „Časopis pro  
pěstování matematiky a fyziky“  
"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 Vetterl,  
Vladimír Wagner

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

**Sekretariát redakce –  
Editorial Office Administration:**  
Jana Tahalová, Marie Niklová,  
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://cscasfyz.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

Registrace: MK ČR E 3103,  
ISSN 0009-0700 (Print),  
ISSN 1804-8536 (Online).  
Copyright © 2013

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



# Editorial



Vážení čtenáři,

v aktualitě nás Ján Svoreň a Juraj Tóth seznamují s výsledky studia chondritického meteoritu, který dopadl poblíž Košic 28. února 2010. Dráha tohoto jasného meteoru-bolidu byla pozorována, propočtena a místo jeho dopadu identifikováno. Na dopadové ploše bylo provedeno rozsáhlé pátrání vedoucí k nálezů řady fragmentů meteoritu Košice, které byly následně postoupeny k analýze několika specializovaným laboratořím. Jde o v pořadí již šestý meteorit nalezený na území Slovenska. Autoři srovnávají aktuální nález s pěti dříve nalezenými meteority. Problematice meteorů zůstáváme věrni i v rubrice „Mládež a fyzika“, kde o nich pojednávají úlohy fyzikálních olympiád.

V roce 2012 jsme si připomněli 50. výročí úmrtí Nielse Bohra a v tomto roce slavíme sto let od patrně největšího Bohrova objevu – jeho modelu atomu. Niels Bohr však proslul i jako autor konceptu složeného jádra a spoluautor kapkového modelu jádra. Ve zkratce pojednává František Knapp o různých modelech atomových jader.

Následuje blok bohrovských příspěvků. Otevírá jej podrobná zpráva o dvou konferencích věnovaných životu a dílu Nielse Bohra, konaných v Pardubicích. První z nich byla studentská, uspořádaná v minulém roce k 50. výročí Bohrova skonu. Druhá se pak v září tohoto roku inspirovala stým výročím Bohrova modelu atomu. Stěžejní objev z roku 1913 je zasazen do rámce vzniku a vývoje tzv. staré kvantové teorie v obsáhlém příspěvku Jiřího Chýly, zatímco následující text Michala Černého jej pojednává v ještě širším kontextu četných revolučních změn probíhajících na přelomu devatenáctého a dvacátého století nejen ve fyzice, ale i na poli filozofie, umění, matematiky a logiky.

Vladimír Hnatowicz připomíná v rubrice „Historie fyziky“ velký Van de Graaffův urychlovač, který sloužil v Ústavu jaderné fyziky AV ČR v Řeži po téměř pět desítek let k základnímu i užitému výzkumu využívajícímu urychlených nabitých částic, než byl nedávno nahrazen moderním urychlovačem tandemového typu. Odstavený urychlovač s vysokonapětovým elektrostatickým generátorem je nyní vystaven v Národním technickém muzeu v Praze. To je po dlouhodobé rekonstrukci již opět plně otevřeno pro veřejnost. V Řeži se konala letní škola reaktorové fyziky a techniky, o níž podávají stručnou zprávu Evžen Novák a Radek Řezáč.

Závěrem je naší smutnou povinností připomenout dva významné vědce, kteří nedávno opustili naši komunitu. František Vodák, dlouholetý vedoucí katedry fyziky Stavební fakulty ČVUT v Praze, se zasloužil nejen o kvalitu výuky fyziky pro stavební inženýry, ale jeho výsledky v teorii ploch nespojitosti a ve fyzikálním výzkumu betonu jsou reflektovány a respektovány na mezinárodní úrovni. Kromě fyziky se uplatnil též na poli výtvarného umění a literatury; byl členem pražského surrealistického okruhu. Josef Novák působil od začátku šedesátých let jako chemik ve Fyzikálním ústavu ČSAV (později AV ČR), kde dosáhl řady cenných objevů v analytické chemii, chemii pevných látek a materiálovém výzkumu. Byl nejen úspěšným badatelem, ale i vyhledávaným mentorem vědeckých aspirantů těchto zkušenostně náročných oborů.

Libor Juha  
vedoucí redaktor

# Obsah

## AKTUALITY

**Košice – šiesty slovenský meteorit** 274

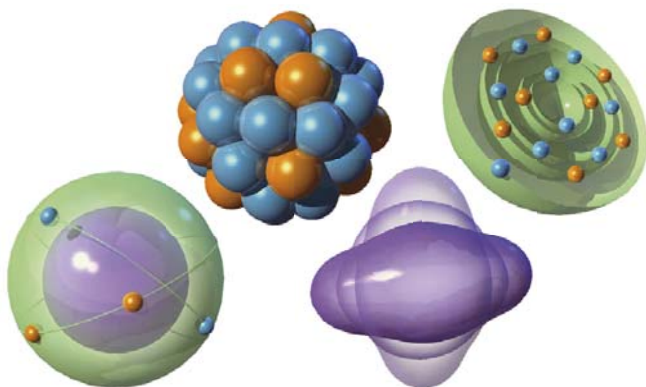
Ján Svoreň, Juraj Tóth



## VE ZKRATCE

**Modely atómového jadra** 277

František Knapp



## 100 LET BOHROVA MODELU ATOMU

**Niels Henrik David Bohr a konference ke 100. výročiu jeho modelu atomu** 281

Patrik Čermák, Filip Grygar



## 100 LET BOHROVA MODELU ATOMU

**Poznání zrozené ze zoufalství** 284

Několik poznámek k počátkům kvantové teorie

Jiří Chýla



## 100 LET BOHROVA MODELU ATOMU

**Od objevu elektronu k Bohrovu modelu atomu: filozofický a fyzikální exkurz** 294

Michal Černý



## 100 LET BOHROVA MODELU ATOMU

**Věda a civilisace** 300

Niels Bohr



**Kvantová fyzika a filosofie** 303  
Kausalita a komplementarita

Niels Bohr

Na obálce: Kvalitní fotografie meteorického úkazu, k němuž došlo 28. února 2010 ve střední Evropě, nebyly v důsledku špatného počasí a dalších nepříznivých okolností získány. Jako ilustrační snímek jsme proto na obálku tohoto čísla vybrali bolid vizuálně velmi dobře zdokumentovaný nad uralskou částí Ruska 15. února 2013 (autor: T. Isajeva). Podrobnější zprávu o čeljabinském meteoritu přineseme v některém z příštích čísel.  
Menší vložený obrázek: Niels Bohr v roce 1950. Více viz str. 281–305.

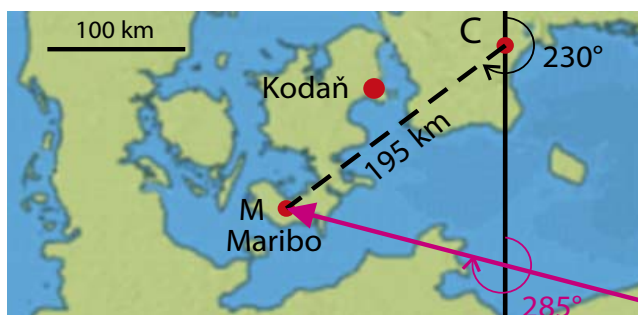
## HISTORIE FYZIKY

**50 let Van de Graaffova urychlovače v Ústavu jaderné fyziky v Řeži** 306  
Vladimír Hnatowicz



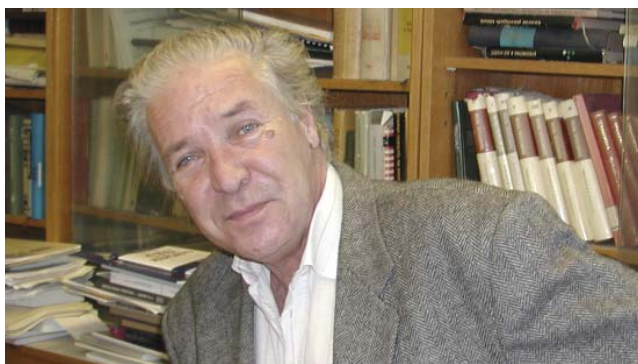
## MLÁDEŽ A FYZIKA

**Meteority a meteoroidy v úlohách fyzikálních olympiád** 311  
Jan Kříž, Filip Studnička, Ivo Volf, Bohumil Vybíral



## ZPRÁVY

**Zemřel František Vodák...** 316  
Pavel Demo



## ZPRÁVY

**Chemikem ve fyzikálním ústavu** 317  
*In memoriam Josefa Nováka*  
Pavel Boháček, Libor Juha, Zuzana Málková



## ZPRÁVY

**Prázdniny v reaktorové škole** 319  
Evžen Novák, Radek Řezáč



## RECENZE KNIH

A. Ikesue, Y. L. Aung a V. Lupei:  
**Ceramic Lasers** 320  
Jan Hostaša



Jonathan A. Jones a Dieter Jaksch:  
**Quantum Information, Computation and Communication** 321  
Petr Marek

# Košice – šiesty slovenský meteorit

Ján Svoreň<sup>1</sup>, Juraj Tóth<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Astronomický ústav SAV, 059 60 Tatranská Lomnica

<sup>2</sup> Katedra astronómie, fyziky Zeme a meteorológie, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského, Mlynská Dolina F2, 842 48 Bratislava 4

## Bolid 28. februára 2010

28. februára 2010 o 23:24:46 SEČ osvetlil veľmi jasný meteor – bolid nočnú oblohu nad Strednou Európou [1]. Napriek neskorej nočnej hodine množstvo ľudí v okruhu niekoľkých stoviek kilometrov hlásilo nezvyčajne jasný úkaz. Prebiehal práve finálový zápas olympijského turnaja v hokeji. Svetlo z bolidu prelietajúceho atmosférou osvetlilo ulice a cez okná preniklo do bytov. Na niektorých miestach východného Slovenska a severného Maďarska bolo počuť dunenie podobné hromu alebo výbuchu, čo naznačovalo uvoľnenie energie v podobe zvukových vln.

Kvôli oblačnosti a dažďovým prehánkam nepracovali v dobe preletu bolidu optické záznamové zariadenia Európskej bolidnej siete (riadenej P. Spurným z Astronomického ústavu AV ČR) v Čechách a na Slovensku (Modra, Lomnický štít) a ani Slovenskej video siete na pozorovanie meteorov (Univerzita Komenského v Bratislave). Na prvý pohľad sa zdalo, že nebudú dostupné žiadne vedecké dáta o prelete nezvyčajne jasného telesa medziplanetárnej hmoty. Napriek oblačnosti pracovali rádiometrické senzory na siedmich automatických bolidových staniciach v ČR (šesť) a v Rakúsku (jedna) a P. Spurný mohol presne určiť čas, trvanie a približnú jasnosť bolidu, ktorý bol viac ako 1 000-krát jasnejší ako Mesiac v splne. V dňoch 1. a 3. marca sa objavili videozáznamy zo súkromných bezpečnostných kamier z dvoch miest v Maďarsku (Örkény – kontaktné osoby Daniella Fazzi a Gábor Vass; Telki – kontaktné osoby Krisztian Szarneczky a László Kiss), ktoré priamo zachytili prelet bolidu a dali sa použiť na výpočet jeho dráhy.

Prostredníctvom J. Tótha a amatérskeho spolupracovníka T. Czörgeia sa kalibračné údaje vykonané Antalom Igazom a spolupracovníkmi z Maďarskej astronomickej asociácie dostali k J. Borovičkovi z AsÚ AV ČR v Ondřejove, ktorý je jedným z najlepších špecialistov vo svete na určenie dráhy bolidov z videozáznamov. Ten po detailnej analýze a výpočtoch určil trajektóriu letu. Teleso letelo nad Slovenskom zo západu na východ. Vo výške 35 km nad povrchom došlo k najväčšej explózií, pri ktorej sa veľká časť telesa rozpadla. Ale malá časť hmoty sa postupne brzdila a dopadla na zem vo forme meteoritov západne od Košíc. Všetky predchádzajúce mediálne zverejnené informácie o údajných meteoritoch (obec Bretka, Rožňava, nádrž Ružín, východne od Košíc) sa nezakladali na pravde



Obr. 1 Bolid Košice na videu z Maďarska.

alebo na precíznych výpočtoch. Seizmológ P. Kalenda z Ostravy na základe seizmických dát zo Slovenska nezávisle potvrdil trajektóriu J. Borovičku. J. Tóth a L. Kornoš z Katedry astronómie, fyziky Zeme a meteorológie FMFI UK v Bratislave 12. marca 2010 konfrontovali svedectvá ľudí, ktorí videli alebo počuli prejavy bolidu, s predbežne vypočítanou spádovou oblasťou.

Skôr ako si povieme ako dopadlo hľadanie pozostatkov po tomto nádhernom bolide, pozrime sa na históriu meteorických nálezov na Slovensku.

## Slovenské meteority

Do roku 2010 bolo na území Slovenska nájdených päť meteoritov, z čoho sú tri nálezy dávnych pádov a dva kusy nájdené po pozorovaní pádu v 19. storočí.

### Lenartov

Ide o meteorické železo nájdené koncom októbra 1814 na severných svahoch Čergovského pohoria v blízkosti obce Lenartov západne od Bardejova, len 2 km od poľských hraníc. Meteorit ležal na zalesnenom svahu v bahnitej pôde blízko prameňa. Išlo o nápadne ťažký takmer polmetrový balvan, ktorého povrch bol pokrytý hrdzou. Po zoškrabaní hrdze sa objavil lesklý kov – spočiatku ho považovali za striebro. Nálezca – pastier chcel dať hruďu roztaviť a zhotoviť z nej zvon pre miestny kostol. Nález odkúpil majiteľ pasienkov J. Kape a venoval ho múzeu v Budapešti. V roku 1815 bol meteorit skúmaný odborníkmi, napr. Widmanstätten leptal leštené plochy, aby zistil vnútornú stavbu. Výsledná klasifikácia

# Modely atómového jadra

**František Knapp**

Ústav částicové a jaderné fyziky MFF UK v Praze, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8; Frantisek.Knapp@mff.cuni.cz

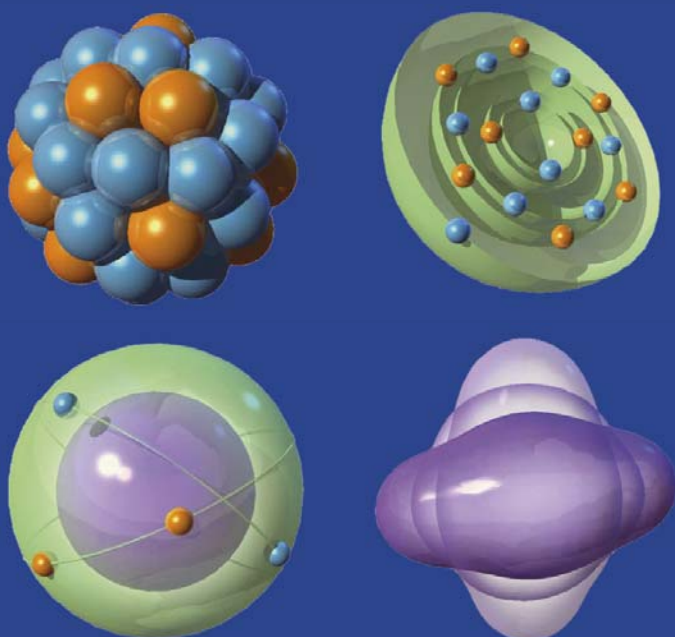
Atómové jadrá sú komplexné objekty so zaujímavými vlastnosťami a bohatou vnútornou štruktúrou. Dôležité informácie o dejoch vnútri jadier sa dozvedáme zo štúdia ich spektier a skúmaním jadrových reakcií. Pochopenie dejov vnútri jadier je nevyhnutnou podmienkou pre ich využitie v jadrovej energetike, medicínskych aplikáciách ale aj pre porozumenie procesom produkcie prvkov vo hviezdach.

## Prečo potrebujeme jadrové modely?

Na atómové jadrá sa zvyčajne pozeráme ako na kompozitné objekty zložené z nukleónov (protónov a neutrónov), ktoré drží pohromade silná interakcia (dostatočne silná aby prekonala elektrostatické odpudzovanie protónov). Rodina je to veľmi rôznorodá, zahŕňa ľahké jadrá zložené z niekoľko málo nukleónov, ale aj ťažké jadrá tvorené stovkami častíc.

Základnou teóriou, ktorá popisuje chovanie objektov na mikroskopickú úroveň je kvantová teória. Predstavy, ktoré dobre fungujú v prípade atómov a molekúl môžu nájsť svoje uplatnenie aj v modeloch atómových jadier, a naopak.

Na rozdiel od atómov a molekúl, kde dobre vieme aké sily pôsobia na elektróny, situácia v jadrách je zložitejšia. Vzájomná interakcia nukleónov v jadre je veľmi komplikovaná, dodnes presne nevieme ako ju matematicky popísať. Situáciu nám navyše sťažuje fakt, že sa jedná o mnohočasticové systémy. Rozličné modely atómového jadra predstavujú zjednodušenia, ktoré vystihujú špecifické aspekty chovania týchto zložitých objektov.



**Obr. 1** Rôzne modelové pohľady na atómové jadro: viazaný systém protónov a neutrónov, vrstvový model – nukleóny na orbitách v strednom poli, interagujúce valenčné nukleóny, kvapkový model – rotácie, vibrácie.

## Kvantovomechanický mnohočasticový problém

Pohybovou rovnicou pre stav kvantového systému zloženého z  $A$  nukleónov je Schrödingerova rovnica:

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(1,2,3, \dots, A, t) = \mathbf{H} \Psi(1,2,3, \dots, A, t).$$

Pre popis systému potrebujeme poznať operátor energie  $\mathbf{H}$ , hamiltonián<sup>1</sup>, ktorý možno v prípade jadier zapísať nasledovne:

$$\mathbf{H} = \sum_{i=1}^A -\frac{\hbar^2}{2m} \left( \frac{\partial^2}{\partial x_i^2} + \frac{\partial^2}{\partial y_i^2} + \frac{\partial^2}{\partial z_i^2} \right) + \sum_{i < j}^A V(i, j).$$

Stav skúmaného systému je reprezentovaný vlnovou funkciou  $\Psi(1,2,3, \dots, A, t)$ , ktorá závisí od koordinát jednotlivých nukleónov ale aj ich spinov<sup>2</sup> (indexy 1,2,...  $A$  predstavujú súbor stupňov voľnosti pre 1., 2., ... až  $A$ -ty nukleón). Hamiltonián obsahuje príspevky jednotlivých nukleónov do celkovej energie, prvý člen je kinetická energia, druhý člen sumuje príspevky od vzájomného pôsobenia každej dvojice nukleónov. Ak poznáme interakciu akou na seba pôsobia jednotlivé konstituenty  $V(i, j)$ , máme v princípe všetko, potrebné pre popis jadra v rámci nerelativistickej kvantovej mechaniky.

Schrödingerovu rovnicu pre mnohočasticové systémy však nevieme vo všeobecnosti vyriešiť, a preto si musíme situáciu zjednodušiť. Jednou z možností je rozdeliť pôvodný hamiltonián takto:

$$\mathbf{H} = \mathbf{H}_0 + \sum_{i < j}^A V_{res}(i, j).$$

Prvý člen  $\mathbf{H}_0$  je zvolený tak, aby popisoval nezávislý pohyb nukleónov v potenciáli  $U$

$$\mathbf{H}_0 = \sum_{i=1}^A -\frac{\hbar^2}{2m} \left( \frac{\partial^2}{\partial x_i^2} + \frac{\partial^2}{\partial y_i^2} + \frac{\partial^2}{\partial z_i^2} \right) + U(i)$$

a časť  $V_{res}(i, j)$  predstavuje tzv. zvyškovú (reziduálnu) interakciu medzi nukleónmi.

$$\sum_{i < j}^A V_{res}(i, j) = \sum_{i < j}^A V(i, j) - \sum_{i=1}^A U(i)$$

<sup>1</sup> Viac o kvantovej mechanike viz článok P. Cejnara v Čs. čas. fyz. **60**, 70 (2010).

<sup>2</sup> Protón a neutrón sú častice so spinom  $\frac{1}{2}$  a môžu sa nachádzať vo dvoch spinových stavoch a interakcia medzi dvomi nukleónmi závisí aj od vzájomnej orientácie ich spinov.

# Niels Henrik David Bohr a konference ke 100. výročí jeho modelu atomu

Patrik Čermák<sup>1,2</sup>, Filip Grygar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fakulta chemicko-technologická, Univerzita Pardubice, Studentská 573, 532 10 Pardubice

<sup>2</sup> Fakulta filozofická, Univerzita Pardubice, Studentská 84, 532 10 Pardubice

Výklad stability atomu podal Niels Bohr ve svých třech stěžejních člancích nazvaných *O konstituci atomů a molekul* v roce 1913. V nich jedinečným způsobem aplikoval na Rutherfordův model atomu dosud nespojované předpoklady (klasické předpoklady a Planckovu kvantovou hypotézu nebo Balmerovu-Rydbergovu konstantu). To mu umožnilo podat vysvětlení čárového spektra (nejenom) vodíku a v neposlední řadě ho jeho teorie dovedla až k revolučnímu pojetí struktury molekul. V české odborné i laicky zainteresované veřejnosti tak přetrvává představa Bohra především jako fyzika nebo jen strůjce modelu atomu vodíku. Takový obraz o Bohrovi je velmi zavádějící. Ve fyzice Bohr dosáhl řady dalších významných příspěvků a současně byl interdisciplinárním myslitelem, jenž se zabýval filosofií, psychologií, biologií nebo jazykem. Nárokem konference ke stému výročí Bohrova modelu atomu tak bylo alespoň zčásti zaplnit některá bílá místa ve vnímání této pozoruhodné osobnosti.

## Niels Bohr

Dánský vědec a všestranný myslitel, otec rodiny a ředitel Fyzikálního institutu v Kodani Niels Henrik David Bohr (7. 10. 1885–18. 11. 1962) byl nositelem Nobelovy ceny za fyziku a mnoha mezinárodních ocenění. Bohrovi žáci a kolegové (včetně Alberta Einsteina nebo Erwina Schrödingera) v něm viděli génia, nazývali ho otcem či papežem kvantové teorie a po lidské stránce byl pro ně „dobrota sama“.<sup>1</sup> V povědomí české veřejnosti je zapsán zejména jako strůjce modelu atomu z roku 1913, díky němuž přispěl ke zrození kvantové teorie a k vysvětlení periodického zákona chemických vlastností prvků.

Z fyzikálního či chemického hlediska Bohrův originální příspěvek z roku 1913 nespočívá, jak se většinou objevuje v učebnicích, jen v navrženém modelu atomu vodíku. Ve svém rozsáhlém a detailně zpracovaném pojednání se Bohr také zabývá strukturou dalších atomů a molekul, aspekty Röntgenova záření, radioaktivity, optiky nebo magnetismu.<sup>2</sup> To vše v době, kdy sama atomová teorie stála mimo oblast hlavního zájmu fyzikální komunity a v chemii přežíval tzv. kubický atom G. N. Lewise.<sup>3</sup>

Bohrův počín vyvolal ve své době zpočátku skeptické reakce a někdy až bouřlivý nesouhlas ze strany fyzikální obce, neboť jeho převratné závěry, vypracované a poskládané i z neslučitelných fyzikálních představ, mnozí

považovali za absurdní.<sup>4</sup> Podle Helga S. Kragha je možné hlavní důvody kritiky Bohrova modelu atomu shrnout do pěti propojených bodů: (1) *Elektrodynamika je výslovně neplatná ve stacionárních stavech.* (2) *Frekvence emitovaného záření není v souladu s frekvencí vibrujících elektronů v atomu.* (3) *Kvantové skoky probíhají diskontinuálně a patrně bez příčiny.* (4) *Pokud elektrony přeskočí z vyšší na nižší hladinu, pak, jak se zdá, má tento proces teleologický charakter.* (5) *Zdá se být nemožné určit stav elektronu v okamžiku, kdy přechází mezi dvěma stacionárními stavy.*<sup>5</sup> Poté, co byl Bohrův revoluční model atomu akceptován a nakonec i oslavován, byl to sám Bohr, kdo začal záhy poukazovat, že to, k čemu dospěl v roce 1913, byly často jen pouhé dohady a hrubá přiblížení, což nebylo filosoficky správně. Víme, že k ucelenějšímu vysvětlení atomárního dění vedla ještě dlouhá cesta.<sup>6</sup>

Především ze zkratkovité školní výuky nebo ze skript můžeme nabývat dojmu, že byl Bohr pouze fyzik. To je však veliký omyl. Bohrův způsob myšlení, a s tím související přístup k řešení vědeckých i občanských problémů (například zda sestrojít anebo nesesrojít atomovou bombu), byl rovněž filosoficko-psychologický a jazykový. Interdisciplinární přístup k jakýmkoli otázkám formoval Bohrova osobnost už od mládí, neboť vyrůstal v takovém rodinném a kulturním prostředí, v němž se scházeli přírodovědci s fi-

1 Viz Bohrovi životopisci [1]

2 Více viz [2] a rovněž překlad Bohrova prvního článku z roku 1913 s (historickým) komentářem [3]

3 K Bohrově vztahu k chemii viz [4]

4 Viz historicko-filosoficko-fyzikální reflexe [5]

5 Viz [6]

6 Více viz [5]

50 let  
od Bohrova úmrtí



# Poznání zrozené ze zoufalství

## Několik poznámek k počátkům kvantové teorie<sup>1</sup>

Jiří Chýla

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

*Pokrok ve vědě jde často daleko složitějšími cestami, než jak se o tom dočítáme v knihách o historii vědy. To platí zvláště o teoretické fyzice, částečně proto, že dějiny píší vítězové. Historikové často ignorují různé cesty, jimiž se vývoj ubíral, mnohé falešné stopy, po nichž fyzikové šli, a všechny chybné představy, jež měli. Četbou historických pramenů jen vzácně získáme správnou představu o skutečné podstatě vědeckého pokroku, do něhož patří fraška stejně jako triumf. Vznik a vývoj kvantové chromodynamiky je krásný příklad vývoje od frašky až k triumfu. David Gross, laureát Nobelovy ceny za fyziku v roce 2004*

Citát z přednášky, kterou David Gross přednesl v roce 1998 na konferenci o historii fyziky, vystihuje nejen cestu, kterou se v uplynulých zhruba padesáti letech ubíraly snahy fyziků pochopit strukturu hmoty a zákonitosti, jimiž se její základní stavební kameny řídí, ale lze ho použít i na okolnosti vzniku samotné kvantové teorie na přelomu 19. a 20. století.

Tento citát uvádím proto, že v řadě knih, odborných i populárních, jsou okolnosti, jež vedly ke vzniku kvantové teorie, překrouceny, mnohdy až k nepoznání. Klíkatá, ale vzrušující cesta ke kvantové teorii, provázená řadou omylů a nepochopení, na niž se přesně hodí Grossova charakterizace, je zaměňována za pohádku, jež často slouží jen k potvrzení autorových názorů. Tak je tomu například v knize Briana Greena *Elegantní vesmír*, věnované teorii strun, kde jsou důvody vedoucí k formulaci kvantové teorie líčeny slovy:

*Na začátku 20. století fyzikové spočítali celkovou energii elektromagnetického záření uvnitř dutiny dané teploty. Použitím osvědčených výpočetních metod do-*

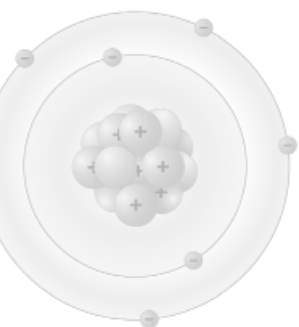
*šli ke směšnému závěru: pro každou teplotu je celková energie uvnitř dutiny nekonečná. Všem bylo jasné, že to byl nesmysl – v horké dutině může být hodně energie, ale jistě ne nekonečno.*

Po nich následuje dlouhé povídání o tom, jak interpretujeme výraz, který odvodil Planck, v rámci dnešní teorie. Ve skutečnosti nic nemůže být vzdálenější pravdě, proč a jak se myšlenka, že energie je „kvantovaná“, zrodila a kdo k ní přispěl, než právě uvedený citát. Planck sám na zrod kvantové teorie, který tak zásadně ovlivnil, ve své nobelovské přednášce v červnu roku 1920 vzpomíná takto:

*Když pohlížím zpět na dobu před dvaceti lety, kdy se pojem a velikost kvanta akce začínal rodit z množství experimentálních skutečností a na dlouhou a křivolakou cestu, která nakonec vedla k jeho odhalení, zdá se mi, že celý tento vývoj jen ilustruje Goethova slova „Tvor lidský bloudí, pokud za čím spěje“ (z Prologu k Faustovi v překladu O. Fischera, pozn. J. Ch.). A veškeré vědcovo úsilí by se nakonec jevilo jako marné a beznadějně, kdyby se mu po všem tom pachtění občas nepodařilo udělat aspoň jeden krůček prokazatelně směřující k pravdě.*

V tomto článku se pokusím vylíčit hlavní experimentální skutečnosti, jež tehdejší fyziky donutily opustit „hrací plochu“ klasické fyziky a jež vedly k formulaci teoretického rámce, jemuž se někdy říká „stará kvantová teorie“. Náš příběh skončí těsně před vznikem „nové“ kvantové mechaniky, spojované s Heisenbergovými relacemi neurčitosti a Schrödingerovou vlnovou rovnicí. Domnívám se totiž, že klíčové kroky při změně pohledu na mikrosvět byly učiněny již v rámci „staré“ kvantové teorie. „Nová“ kvantová mechanika k nim přidala

1 Pozn. red. Příspěvek byl pronesen jako přednáška v rámci projektu „Otevřená věda“ v Nových Hradech v roce 2005; <http://archiv.otevrena-veda.cz/>. Abychom nerušili plynulost výkladu, citace původních prací významných pro formování kvantové mechaniky v textu neuvádíme. Téměř úplnou bibliografii nutnou pro sledování předpokladů a kroků vedoucích k formulování kvantové hypotézy, formování staré kvantové teorie, jejího vývoje a vyústění v kvantovou mechaniku čtenář nalezne v klasické monografii Maxe Jammersa „The Conceptual Development of Quantum Mechanics“ (McGraw-Hill, NY 1967; fyzici střední a starší generace znají toto dílo v ruském překladu: Izd. Nauka, Moskva 1985).



# Od objevu elektronu k Bohrovu modelu atomu: FILOZOFICKÝ A FYZIKÁLNÍ EXKURZ

Michal Černý

Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity v Brně, Poříčí 7, 603 00 Brno; mcerny@phil.muni.cz

Období mezi lety 1897–1913 je dobou nejen prvního formování modelů atomů a vzniku dalších velkých fyzikálních děl, jako např. speciální teorie relativity, ale také dobou, kdy vzniká moderní umění a dochází k redefinování programu matematiky i filozofie. V tomto období jsou stanovovány odvážné programy ve vědě, že nově nalezené metody umožní dohlédnout rychle dále než předchozí generace. Článek staví do kontextu práce v oblasti matematiky, filozofie, umění i fyziky, které tvořily duchovní ovzduší mimořádně příhodné pro formulování revolučního Bohrova modelu atomu, tohoto úhelného kamenu tzv. staré kvantové mechaniky.

Bohrův model atomu, přes veškerou svoji novost a odvážnost, s jakou se stavěl proti základům elektrodynamiky, nevznikl na „zelené louce“, ale – jak je ostatně patrné z Bohrových článků – stavěl na značném úsilí řady dalších myslitelů, fyziků či matematiků, kteří mu prošlapali cestu. Stejně jako každý vědecký objev byl součástí či produktem kulturního klimatu své doby, čerpal z toho, co se kolem něj událo a o čem se aktivně mluvilo. A to i přesto, že v samotném návrhu modelu vychází především z objevu atomového jádra Ernestem Rutherfordem a spektroskopických pozorování atomu vodíku.

Je přitom zřejmé, že žádný příspěvek nemůže popsat dokonale klima a všechny objevy, které stály bezprostředně u objevu Bohrova modelu, pokusíme se alespoň stručně ukázat základní fyzikální myšlenky, které – ve velké většině – sám autor zmiňuje a reflektuje, ale také stručně nastíníme myšlenkové a kulturní klima let 1897–1913, tedy let, která uplynula mezi objevem první fundamentální částice, elektronu a prvním fyzikálně odpovídajícím modelem atomu, jenž dokázal nejen vysvětlit určitou skupinu jevů, ale také byl schopen určité netriviální predikce.

Jsme přesvědčeni, že právě porovnání změn, které se objevují v matematice a filozofii, jež jsou spojeny s přelomem století, představují klíč pro pochopení možnosti zcela nového pojetí vědy a fyziky, která umožnila Bohrovi značný krok do neznáma, jdoucího do (na první pohled nepřijatelného) konfliktu s vědou.

Na tomto místě je jistě vhodné si připomenout slova Erwina Schrödingera, který říká, že fyzika se nemůže a nesmí nikdy odtrhnout od kultury. Byl by to začátek jejího konce [1].

## Filozofie a matematika

Zcela zásadními změnami prochází na pomezí 19. a 20. století především matematická logika. Gottlob

Frege<sup>1</sup> je vnímán jako zakladatel matematické logiky či jako její druhý otec. První jeho významné dílo vychází roku 1879 a nese název *Pojmové písmo* [2]. Zde navrhuje logické značky znázorněné pomocí grafických symbolů, které umožnily první přehledný symbolický zápis logických formulí (ač přesná notifikace doznala z praktických důvodů změn) a umožňuje takovou konstrukci důkazů matematických vět, o kterých nemůže být pochyb. Napříště není zápis důkazů na libovůli autora, ale řídí se jasnými a přesnými pravidly, kterým lze porozumět bez větší námahy. V této knize také můžeme nalézt všechny běžně používané axiomy predikátové logiky [3].

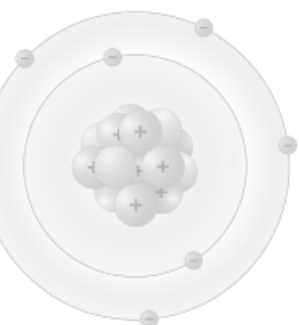
Jeho kniha *Základní zákony aritmetiky* je pak důležitá hned v několika ohledech. Je výbornou ukázkou toho, jak má vypadat logické odvozování nastíněné v *Pojmovém písmu*, takže přesně reflektuje matematickou práci.

1 Pozn. red. Do češtiny byly Jiřím Fialou přeloženy Fregeho spisy *Logická zkoumání* a *Základy aritmetiky* (v jednom svazku, OIKOYMENH, Praha 2011) a *Pojmopis* (OIKOYMENH, Praha 2012); Vojtěch Kolman vydal již dříve monografii *Logika Gottloba Frege*, FILOSOFIA, Praha 2002.

Basic concept	Frege's notation	Modern notations
Judging	$\vdash A, \Vdash A$	$p(A) = 1$ $p(A) = i$
Negation	$\neg A$	$\neg A; \sim A$
Conditional (implication)	$\begin{array}{l} \vdash A \\ \vdash B \end{array}$	$B \rightarrow A$ $B \supset A$
Universal quantification	$\forall \Phi(x)$	$\forall y: \Phi(y)$
Existential quantification	$\exists \Phi(x)$	$\exists y: \Phi(y)$
Content identity (equal sign)	$A \equiv B$	$A = B$

**Obr. 1** Ukázka logických značek z Fregeho díla *Pojmové písmo*. (Zdroj: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Gottlob\\_Frege](http://cs.wikipedia.org/wiki/Gottlob_Frege))

100 let  
Bohrova modelu atomu





# Věda a civilizace

[In: Jeden svět nebo žádný (red. D. Masters, K. Wayová; překl. F. Běhounek), Nakl. Ing. Mikuta, Praha 1947, s. 9–11]

## Kvantová fyzika a filosofie

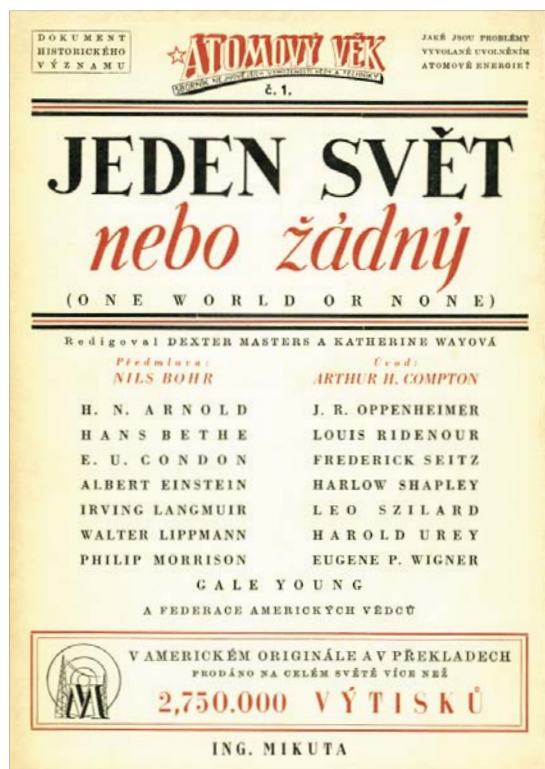
### Kausalita a komplementarita



[Pokroky matematiky, fyziky a astronomie 5, 332–337 (1960)]

**Niels Bohr**

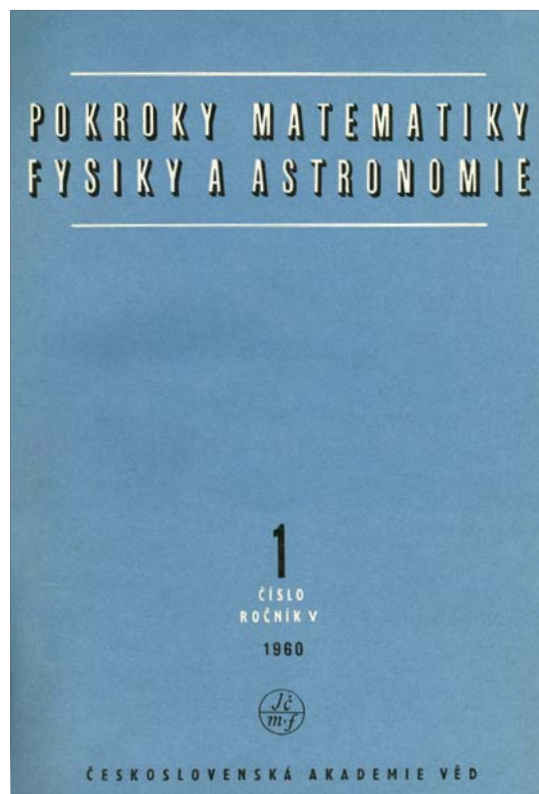
7. října 1885–18. listopadu 1962



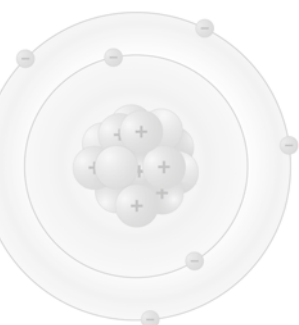
Niels Bohr se narodil 7. října 1885 v Kodani, kde i vyrůstal a studoval; tamější univerzitu absolvoval v roce 1908. Vandrovní léta strávil v Cambridgi (1911–12 u J. J. Thomsona) a Manchesteru (1912–13 u E. Rutherforda). Po návratu do Kodaně se stal profesorem (1916) a ředitelem (1920) jím založeného Ústavu teoretické fyziky Kodaňské univerzity. Ten se do dějin fyziky zapsal jako mezinárodní centrum – jakási novodobá Mekka, kam přicházeli badatelé podílející se na formování, vývoji, interpretaci a využití kvantové mechaniky. Asi největším úspěchem Bohrovy vědecké kariéry byl jeho model atomu [1913; podrobný fyzikální a fyzikálně-historický výklad Bohrova modelu podal A. Lacina v *Pokrocích matematiky, fyziky a astronomie* 53, 125–151 (2008)], jehož výročí si v tomto čísle časopisu připomínáme.

Z četných Bohrových textů, dlouhá léta přístupných našim fyzikům zejména z jejich ruského výboru [N. Bohr: *Izbrannyye naučnyje trudy*, Tom I (1909–1925) a Tom II (1925–1961), Izd. Nauka,

Moskva 1970 a 1971], jsme se rozhodli přetisknout nejdříve překlad jeho poválečného humanistického apelu určeného pro londýnské Timesy. Sborník statí významných jaderných vědců o technických, hospodářských a politických důsledcích člověkem řízeného uvolnění jaderné energie u nás stačil vyjít v překladu Františka Běhouneka ještě v roce 1947. Po něm přinášíme text věnovaný interpretaci a filozofickým aspektům kvantové mechaniky a publikovaný v českém překladu v *Pokrocích matematiky, fyziky a astronomie* (1960). Dokládá, že Bohr nebyl jen vynikajícím teoretickým fyzikem. Pokusy o nalezení správné interpretace kvantové mechaniky a domýšlení jejich filozofických důsledků ho přiměly překročit hranice úzké vědecké specializace. Vliv jeho myšlenek o komplementaritě a indeterminismu je srovnatelný s mimofyzikálním dopadem Einsteinových relativistických úvah (včetně míry nepochopení jejich podstatě).



100 let  
Bohrova modelu atomu



# 50 let Van de Graaffova urychlovače v Ústavu jaderné fyziky v Řeži

Vladimír Hnatowicz

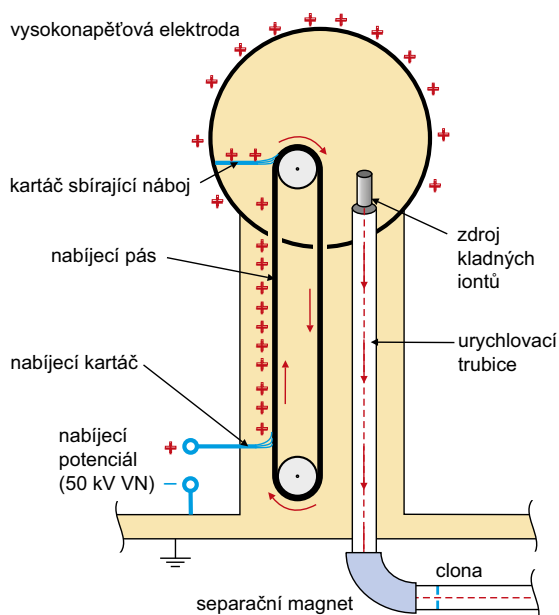
Laboratoř jaderných analytických metod Ústavu jaderné fyziky AV ČR, v. v. i., 250 68 Řež

## Krátký výlet do prehistorie jaderné fyziky – první urychlovače částic

Objev radioaktivity v r. 1896 znamenal zásadní změnu v dosavadních představách o struktuře a vlastnostech hmoty. V následujících letech se podařilo identifikovat jednotlivé zdroje radioaktivního záření a různé způsoby radioaktivního rozpadu. Také se ukázalo, že částice alfa (jádra atomů He), emitované některými radioaktivními prvky, je možné použít jako sondu pro zkoumání vlastností atomů. V r. 1911 Ernest Rutherford při interpretaci výsledků měření rozptylu částic alfa na kovových fóliích objevil atomové jádro, v němž je soustředěna prakticky celá hmotnost atomu a jeho kladný náboj. O osm let později pak se svými spolupracovníky poprvé pozoroval jadernou reakci částic alfa s atomy dusíku a jejich transmutaci na kyslík.

Částice alfa z radioaktivního rozpadu s fixní kinetickou energií několika MeV a relativně nízkou intenzitou již nepostačovaly k provedení dalších, náročnějších experimentů a bylo třeba najít jiný zdroj energetických částic. Rutherford, od r. 1919 ředitel Cavendishovy laboratoře v Cambridgi, proto pověřil své spolupracovníky Johna Cockrofta a Ernesta Waltona, aby zkonstruovali zařízení pro urychlování nabitých částic. Nejjednodušší cestou bylo urychlení částic rozdílem potenciálů mezi elektrodou nabitou na velmi vysoké napětí a zemí. Cockroft a Walton použili jako zdroj vysokého napětí násobič (obvod sestavený z diod a kondenzátorů), jehož princip byl znám od r. 1919. O čtyři roky později pak na svém urychlovači poprvé pozorovali jadernou reakci na lithiu, vyvolanou protony urychlenými na energii 0,4 MeV, a za konstrukci a využití prvního urychlovače částic, který dnes známe jako urychlovač typu Cockroft-Walton, získali v roce 1951 Nobelovu cenu. Shodou okolností právě v této době na Princetonské univerzitě Robert Van de Graaff (1901–1967) s pomocí svého kolegy N. Burkeho postavil zcela nový generátor vysokého napětí, který pracoval na elektrostatickém principu. První model představili v r. 1929 a v r. 1931 podali patentovou přihlášku s popisem generátoru na napětí 1 MV (U.S. patent 1,991,236 byl udělen v roce 1935). U Van de Graaffova generátoru se velká dutá elektroda nabíjí přenosem elektric-

kého náboje nekonečným pásem z izolačního materiálu a získává tak vysoký elektrický potenciál. Van de Graaffův generátor se ukázal jako ideální zdroj vysokého napětí pro urychlovače nabitých částic na energie až do desítek MeV. Do druhé světové války, ale zejména po ní byly na světě postaveny a uvedeny do provozu desítky urychlovačů Van de Graaffova typu, které se vedle cyklických urychlovačů-cyklotronů a později jaderných reaktorů staly základními nástroji experimentální jaderné fyziky. Princip Van de Graaffova urychlovače je zřejmý z obr. 1.



**Obr. 1** Schéma urychlovače typu Van de Graaff. Nabíjecí pás z izolačního materiálu se nabíjí v dolní části zařízení a přenáší náboj do vnitřku vysokonapěťové elektrody, kde se náboj sbírá a přenáší na povrch elektrody, která se tak nabíjí na vysoký potenciál. Souběžně s pásem je umístěna evakuovaná urychlovací trubice, do níž se v horní části vstříkují ionty např. vodíku nebo hélia z iontového zdroje umístěného uvnitř elektrody. Urychlené částice pak procházejí separačním magnetem a přes systém clon dále k experimentálnímu zařízení.

# Meteority a meteoroidy v úlohách fyzikálních olympiád

Jan Kříž, Filip Studnička, Ivo Volf, Bohumil Vybíral

Ústřední komise Fyzikální olympiády, Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové, Rokitanského 62, 500 03 Hradec Králové

V minulém čísle Československého časopisu pro fyziku jsme představili dvě ze tří teoretických úloh z letošní Mezinárodní fyzikální olympiády [1]. V tomto čísle vám přinášíme i třetí teoretickou úlohu, „Meteorit Maribo“. Chtěli jsme ji doplnit ještě další úlohou z mezinárodních či národních olympiád týkající se tématu meteoritů a meteoroidů. Překvapivě jsme však zjistili, že se tomuto tématu olympiády poměrně důsledně vyhýbají, a to včetně olympiády astronomické. Jako doplnění tedy představíme jedinou nalezenou úlohu ze 45. ročníku Slovenské fyzikální olympiády, která byla zadána v krajském kole kategorie C, tedy kategorie určené žákům druhých ročníků středních škol, viz např. [2]. Dále uvedeme jednu úlohu ze studijního textu [3] určeného řešitelům fyzikální olympiády. Další úlohy na téma meteoritů a meteoroidů naleznete v publikaci [4] nebo v ročence korespondenčního semináře FYKOS [5].

Text úlohy „Meteorit Maribo“ je překladem verze dánských tvůrců úlohy po úpravách, které vyplynuly z diskuse mezinárodní jury, viz [6]. Zadání i řešení úlohy přeložili vedoucí české delegace na 44. mezinárodní fyzikální olympiádě Jan Kříž a Filip Studnička.

## PRVNÍ TEORETICKÁ ÚLOHA ZE 44. MFO: METEORIT MARIBO

Meteoroid je malé těleso (obvykle menší než 1 m) z komety nebo asteroidu. Meteoroid, který zasáhne povrch Země, se nazývá meteoritem.

V noci 17. ledna 2009 mnoho lidí kolem Baltského moře zahlédlo zářící trasu ohnivé koule meteoroidu padajícího zemskou atmosférou. Bezpečnostní kamera ve Švédsku zaznamenala tuto událost na video, viz obr. 1. Pomocí těchto obrázků a pozorování očitých svědků bylo možné odhadnout místo dopadu a o šest týdnů později byl nalezen meteorit o hmotnosti 0,025 kg v okolí města Maribo na jihu Dánska. Zkoumání vlastností meteoritu, nyní pojmenovaném meteorit Maribo, a jeho dráha na obloze ukázaly zajímavé výsledky. Jeho rychlost při vstupu do atmosféry byla výjimečně vysoká. Jeho stáří  $4,567 \cdot 10^9$  let naznačuje, že byl zformován krátce po zrodu sluneční soustavy. Meteorit Maribo je pravděpodobně částí Enckeovy komety.

Gravitační konstanta	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
Kamenný meteorit, měrná tepelná kapacita	$c_{sm} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Kamenný meteorit, tepelná vodivost	$k_{sm} = 2,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Kamenný meteorit, hustota	$r_{sm} = 3,3 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Kamenný meteorit, bod tání	$T_{sm} = 1,7 \cdot 10^3 \text{ K}$
Kamenný meteorit, měrné skupenské teplo tání	$L_{sm} = 2,6 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$
Hmotnost Země	$m_E = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
Poloměr Země	$R_E = 6,38 \cdot 10^6 \text{ m}$
Průměrná vzdálenost Země – Slunce	$a_E = 1,50 \cdot 10^{11} \text{ m}$
Hmotnost Slunce	$m_S = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$

Tab. 1 Potřebné fyzikální konstanty.

## Rychlost meteoritu Maribo

Ohnivá koule se pohybovala západním směrem, směřující pod úhlem  $285^\circ$  vzhledem k severu směrem k místu, kde byl meteorit následně nalezen, jak je načrtnuto na obr. 2. Meteorit byl nalezen 195 km od bezpečnostní kamery ve směru  $230^\circ$  vzhledem k severu.

1.1 Použijte tyto informace a data z tabulky 2 k vypočtení průměrné rychlosti meteoritu Maribo v časovém intervalu mezi snímky 155 a 161. Zanedbejte zakřivení Země a gravitační působení na meteoroid.

Snímek	Čas	Azimut	Úhlová výška
155	1,46 s	$215^\circ$	$19,2^\circ$
161	2,28 s	$221^\circ$	$14,7^\circ$
Dopad v bodě M		$230^\circ$	$0,0^\circ$

Tab. 2 Data ze dvou snímků ukazující čas, směr (azimut) ve stupních, jak je viděn kamerou (C), a úhlovou výšku nad horizontem ve stupních. Azimut je úhlový směr měřený v horizontální rovině po směru hodinových ručiček od severního směru. Úhlová výška je úhel, pod kterým je objekt vidět nad horizontem.

# Zemřel František Vodák...

**Pavel Demo**

za katedru fyziky Fakulty stavební ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6; pavel.demo@fsv.cvut.cz

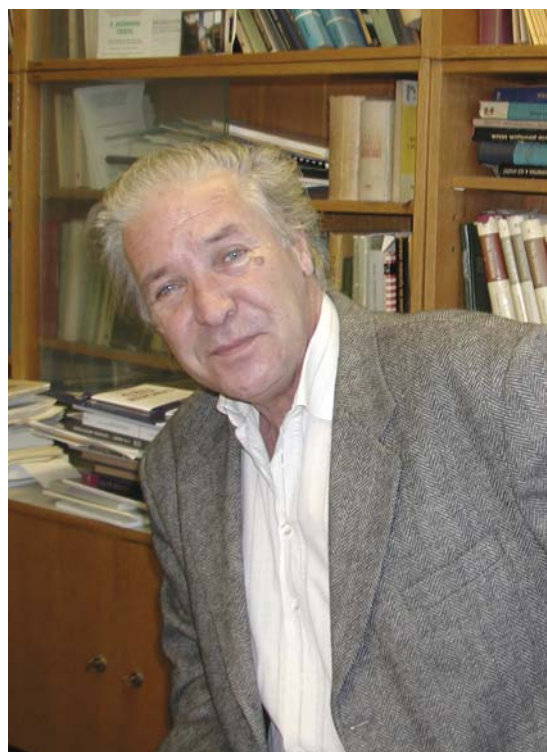
V úterý 21. května jsme se dozvěděli smutnou zprávu: zemřel náš kolega a přítel, bývalý dlouholetý vedoucí katedry fyziky Stavební fakulty ČVUT v Praze prof. František Vodák, DrSc.

**F**rantišek Vodák se narodil 11. 8. 1941. V roce 1964 ukončil studium na MFF UK v Praze a nastoupil na katedru fyziky Stavební fakulty, která sídlila v budově bývalého svatováclavského konviktu ve staroměstské Husově (dřívější Dominikánské) ulici. V roce 1972 získal titul CSc. (ekvivalent Ph.D.) v oboru Aplikovaná fyzika. Docentem na katedře fyziky FSv ČVUT v Praze se stal v roce 1980. Titul DrSc. obdržel v roce 1986 za mezinárodně citované práce v oboru ploch nespojitosti, viz např. F. Vodák: „Nonequilibrium thermodynamics of a discontinuity surface“, *Physica A* **93**, 244 (1978). Profesorem (obor fyzika kondenzovaných látek a akustika) byl jmenován v r. 1991. Od roku 1992 se pak zabýval především výzkumem fyzikálních aspektů stárnutí betonu. V letech 1991–2006, kdy stál v čele katedry fyziky FSv ČVUT v Praze, došlo postupně k dlouhodobé stabilizaci vědeckého i pedagogického programu a k dosažení hodnotných vědeckých výsledků. Holá fakta, suchá čísla...

František Vodák ale nebyl pouze jednorozměrným akademikem. Byl také osobitým malířem, se specifickým viděním svého okolí i všehomíra. Již jako dvaadvacetiletý vystavoval v Galerii na Karlově náměstí: výstava byla po vernisáži zakázána. Po dlouhém a vynuceném období mlčení následovaly další samostatné výstavy, mj. v Junior klubu na Chmelnici (cyklus *Obehlisky* – 1993), v galerii GMB (*Má pruská duše* – 1995), v Prácheňském muzeu v Písku (*Průřez vleklou událostí* – 2009). Vystavoval také jako host na happeningu v Klánovicích (1987, 1988), na Staroměstské radnici (1997) nebo v Salmovském paláci (1999).



František Vodák: Rajská zahrada (1993)



Prof. František Vodák, DrSc., 11. 8. 1941.–21. 5. 2013

Jeho literární tvorba je úzce spjata s pražskou surrealistickou školou (1963–1969, pak od r. 1990). Od roku 1994 byl také členem redakční rady významné kulturní revue *Analogon*, propojující surrealismus, kulturní antropologii, psychoanalýzu a „příčné vědy“. Jeho texty vycházely také v samizdatové edici *Auroboros* (1971–1989), ve které působil se svojí manželkou, socioložkou Alenou. Za významnou událost lze považovat zejména jeho píseň v próze *Abendland aneb legenda o posedlosti* (poprvé vyšla v osmdesátých letech na pokračování ve zmíněné strojopisné edici), ve které vyzpíval svou vizi Západu (*Abendlandu*, jak jej nazývali němečtí romantici), tak aktuální a živou i dnes.

V epoše blízké Františkově srdci – středověku – se psávalo na sluneční hodiny: *vulnerant omnes, ultima necat* (všechny zraňují, poslední zabíjí)... Na tomto světě pro Františka vše skončilo. Zemřela renesanční osobnost, zemřel fyzik, uznávaný učitel, výtvarník, literát a surrealista. Zemřel přítel, excelentní a vtipný vypravěč, zemřel moudrý člověk. Zemřel František Vodák... R.I.P.

# Chemikem ve fyzikálním ústavu

## *In memoriam Josefa Nováka*



**Pavel Boháček, Libor Juha, Zuzana Málková**

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

Čtvrtého srpna 2012 nás ve věku 78 let opustil náš kolega RNDr. Josef Novák, CSc., dlouholetý vědecký pracovník oddělení chemie Fyzikálního ústavu AV ČR, v. v. i., v Praze.

Josef Novák pocházel z rolnické rodiny usazené ve východních Čechách. Na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy v Praze vystudoval obor analytická chemie. Vědecky začal pracovat již v průběhu studia; věnoval se především anorganické polarografické analýze [1–3]. Studium úspěšně zakončil státními zkouškami a obhajobou závěrečné práce „Příspěvek k polarografickému chování troj- a čtyřmocného ceru“. V roce 1957 nastoupil do ČKD Praha, kde se kromě analytické chemie kovů podílel i na vývoji přípravy monokrystalů germania a křemíku pro silnoproudou elektrotechniku.

V roce 1961 přešel do Fyzikálního ústavu ČSAV, kde začal pracovat na přípravě a analýze jednak ma-

teriálů feroelektrických, zejména titaničitanu barnatého (viz např. [4, 5]) a jeho tuhých roztoků s titaničitanem strontnatým, jednak krystalů hematitu ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) a magnetitu ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Mezinárodního ohlasu dosáhly jeho průkopnické práce zabývající se stanovením kyslíkové nestechiometrie a valence příměsí. Na toto téma také obhájil v roce 1965 kandidátskou disertační práci [6]. Oborům studia přípravy a analýzy oxidických materiálů zůstal převážně věrný i nadále (z novějších prací uveďme např. [7–9]). Zkoumal i fotochemické reakce [6, 10–12] za účelem jejich využití pro analytické účely, ke stanovení světelného výkonu různých zdrojů (chemická aktinometrie) a k hlubšímu pochopení procesů probíhajících v chemických laserech. Je autorem či spoluautorem více než 120 článků v odborných časopisech, k praktickým cílům bylo zaměřeno jeho 36 přihlášek vynálezu a 19 autorských osvědčení. V letech 1964 a 1967 byl členem kolektivů vyznamenaných cenami ČSAV. Byl též v autorském týmu, který v roce 2003 získal Cenu Akademie věd ČR za významný vědecký výsledek „*Monokrystaly  $\text{PbWO}_4$  – scintilační materiál pro fyziku vysokých energií. Fyzikální popis a optimalizace materiálu*“. Své rozsáhlé zkušenosti využil i při napsání několika přehledových článků zabývajících se různými způsoby rozkladu anorganických látek v chemické analýze [13, 14]. S novinkami materiálové vědy seznamoval i čtenáře tohoto časopisu [15].

V chemickém oddělení Fyzikálního ústavu byl dlouhá léta vedoucím skupiny chemické analýzy. Věnoval se i výchově studentů, především jako vedoucí, resp. konzultant řady diplomových prací. Mladým adeptům vědy předával nejen odborné poznatky, ale patřil k těm pracovníkům zakladatelské generace Fyzikálního ústavu, kteří při vědecké výchově kladli velký důraz na perfektní zvládnutí „vědeckého řemesla“. Trval na vysokém standardu jak vlastní experimentální práce a přípravy na ni, tak péče o kvalitu získaných dat a jejich zpracování, jakož i o formální prezentace výsledků. V ČSVTS se organizačně podílel na činnosti odborných skupin zaměřených na hutnickou analytiku a na pěstování monokrystalů. Byl přátelský a vždy



RNDr. Josef Novák, CSc. (16. 10. 1934–4. 8. 2012)

# Prázdniny v reaktorové škole



**Evžen Novák, Radek Řezáč**

Centrum výzkumu Řež, s. r. o., 250 68 Husinec; www.cvrez.cz

**P**ůsobí to trochu jako protimluv, vyprávět o škole o prázdninách. Ale vlastně proč ne, vždyť o prázdninách běží plno škol se vzdělávacími programy zaměřenými na poznávací studenty z Čech i zahraničí. Jde zejména o netechnické a jazykové programy umožňující naučit se cizincům aspoň základy češtiny nebo základy filmařiny či novinářiny. Oproti těmto víceméně humanitním směrům proběhly o prázdninách v červenci a srpnu v Centru výzkumu v Řeži dva pilotní kurzy reaktorové fyziky.

Studenti technických oborů z vysokých škol i gymnázií z celé České republiky se v červnovém týdenním kurzu mohli seznámit s teoretickými základy fyziky, měřicími aparaturami a metodami používanými na unikátním technickém zařízení – experimentálním výzkumném reaktoru LR-0 v Řeži [1]. Dopolední teoretická část poskytla nezbytný všeobecný přehled o problematice zaměřené speciálně na reaktory. Odpo-



Maketa zkrácené palivové kazety typu VVER-1000 používané v reaktoru LR-0.

ledne bylo věnováno praktickému tréninku s měřeními šumové a napěťové charakteristiky, mrtvé doby a spektrometrické charakteristiky detektorů různých typů, jako jsou štěpné a ionizační komory nebo scintilační detektory a měření základních fyzikálních charakteristik samotného reaktoru (např. kritičnosti a reaktivity).

Vzhledem k tomu, že na reaktoru LR-0 je možno modelovat aktivní zóny reaktorů typu VVER-440 a VVER-1000 v měřítku 1:1, byla to pro studenty ojedinělá možnost vidět a skutečně si „osahat“ reálné palivové kazety, palivové články a pohlédnout do vlastního reaktoru. Všichni měli možnost účastnit se přípravy reaktoru pro provoz, viděli čerpání moderátoru, najeť na výkon, řízení reaktoru pomocí pohybu řídicích klastrů (absorpčních tyčí) i havarijní odstavení reaktoru.

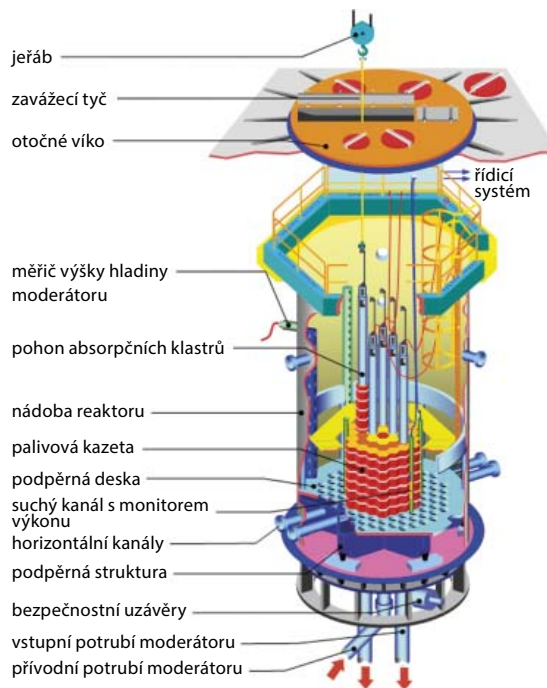
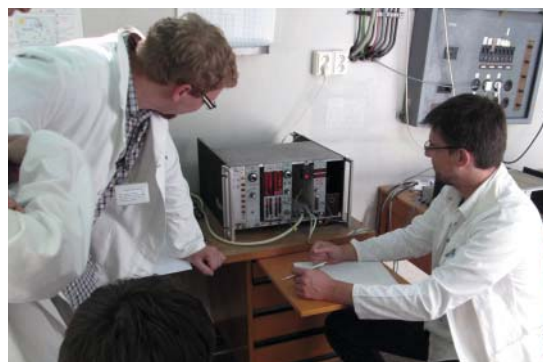


Schéma výzkumného reaktoru LR-0.

ru. Následovalo vytažení palivového proutku z aktivní zóny, jeho proměření na speciálním zařízení pro spektrometrii záření gama s HPGe (High Purity Germanium – vysoce čisté germanium) detektorem chlazeným kapalným dusíkem a vyhodnocení spekter.

Kurz byl doprovázen exkurzemi na další zajímavá pracoviště Centra výzkumu, např. na reaktor LVR-15 [2] s výkonem 10 MW, určený zejména pro ozařování a výzkum interakcí neutronů a záření gama s materiály,



Sestava pro měření základních charakteristik detektorů.



Operátorovna reaktoru LR-0.

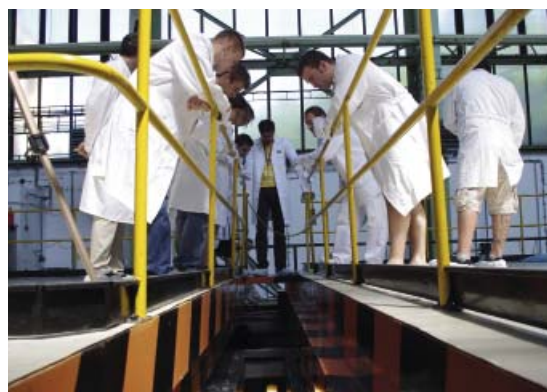
na experimentální smyčky modelující prostředí reaktorů GEN-IV, zaměřených na výzkum reaktorů čtvrté generace a na urychlovači.

V srpnu se akce zúčastnili kromě zájemců z Itálie a Polska i zájemci ze vzdálenějších zemí, jako je Saudská Arábie či Jižní Korea. Kurz reaktorové fyziky obhatil nejen studenty, ale i samotné přednášející z řad



Hala reaktoru LR-0 s účastníky kursu reaktorové fyziky.

výzkumníků, kteří již několik let v oboru i v samotném Centru výzkumu v Řeži působí, díky zpětné vazbě přímo „na hodinách“ při výuce a také při neformálních setkáních mimo areál. Vzhledem k zájmu je pravděpodobně pokračování podobně zaměřených (patrně více zákaznický orientovaných) kurzů i v dalších letech (a možná nejen o prázdninách). Nebudete-li mít tedy jasno v tom, co podniknout o příštích prázdninách, máte-li zájem o vědu a techniku nebo působíte-li v managementu firem pracujících pro jaderný průmysl i mimo něj, zamyslete se, zda by podobný kurz nebyl vhodný právě pro vás.



Pohled z krycích plošin do aktivní zóny reaktoru LR-0.

### Literatura

- [1] Více informací o reaktoru LR-0 je dostupných z WWW: <http://www.cvrez.cz/vyzkumna-infrastruktura/vyzkumny-reaktor-lr-0/>.
- [2] Více informací o reaktoru LVR-15 je dostupných z WWW: <http://www.cvrez.cz/vyzkumna-infrastruktura/vyzkumny-reaktor-lvr-15/>.

# Recenze knih

## A. IKESUE, Y. L. AUNG A V. LUPEI Ceramic Lasers

Cambridge University Press 2013,  
ISBN 978-052-111408-0, cena 120 \$

Po četných referativních článcích a kapitolách v publikacích na obecnější témata se na trh konečně dostala kniha věnovaná výhradně transparentní keramice pro laserové aplikace. Dalo by se říci, že ji nadělil keramickým laserům jeden z těch nejpopovlanějších u příležitosti dosažení plnoletosti. Ačkoliv se pokusy o přípravu transparentní keramiky datují již do šedesátých let 20. století, byla to právě práce, již publikoval Akio Ikesue v r. 1995, která ukázala jednoznačně, že lze připravit skutečně průhledné keramické materiály, a která odstartovala výzkum vedoucí ke keramickým materiá-

lům dostatečně kvalitním na to, aby mohly v pevnolátkových laserech konkurovat monokrystalům. Autoři staví na tom, že „příprava monokrystalů růstem z taveniny narazila na své limity a je nesmírně náročné dále zvyšovat jejich kvalitu“, zatímco v technologii keramiky je ještě dostatek prostoru pro optimalizaci. Prof. Ikesue je jeden z průkopníků v oboru přípravy transparentní keramiky, již se věnuje ve své firmě World-Lab ve spolupráci se společností SCHOTT. Spoluautory knihy jsou Y. L. Aung, Ikesueův spolupracovník, a V. Lupei, profesor zabývající se na bukověšťském INFLPR převážně pevnolátkovými lasery a spektroskopii dotovaných materiálů pro lasery.

Kniha je rozdělena na celkem jedenáct kapitol. Po krátké úvodní přichází nejrozsáhlejší (cca čtvrtina celé knihy) a zároveň nejvíce didakticky zaměřená kapitola, věnovaná teoretickému popisu fungování pevnolátkových laserů, jejich konstrukci, a uvádějící některé důležité parametry a vztahy. Kapitoly 3–7 jsou zaměřeny na konkrétní materiály, jejich přípravu, charakterizaci a na vliv složení a technologie výroby a následně i struktury na vlastnosti laserového materiá-