

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS **PRO FYZIKU**

VĚDECKO-POPULÁRNÍ ČASOPIS ČESKÝCH A SLOVENSKÝCH FYZIKŮ / recenzovaný dvouměsíčník



Leidský
manifest Česku

Perovskity
ve fotovoltaice

Sluneční záření
a fotovoltaika

100. výročí teorému
Noetherové

Emisní spektroskopie
s doutnavým
výbojem

Nová gama ozařovna

Radiologická fyzika

Most mezi vědou
a uměním

AFO inspirující



Abstracts of review articles

Zdeňka Hájková:

Perovskites – a new prodigy in photovoltaics

Abstract: Recently, organic-inorganic perovskites have emerged as a promising material for low cost and highly efficient thin film solar cells. This article presents the structure of perovskites, their simple preparation methods and the great potential of perovskite-silicon tandem solar cells. Two major weaknesses are also discussed, which have so far hindered commercial application of perovskite solar cells.

Eliška Beránková: Cauchy-Kowalevsky theorem and Noether theorem: How to (not) become famous as a woman in the world of mathematics?

Abstract: This article covers the historical context of the establishment and recognition of the Cauchy-Kowalevsky theorem and Noether theorem, two unique research results, which have essentially influenced modern mathematics, and mathematical and theoretical physics. The authors of the theorems are two women, Sofie Kowalevsky and Emmy Noether who, in a time when women barely reached higher education, achieved positions in the scientific world and forever influenced the history of natural sciences.

Michaela Rabochová: Device testing in extreme conditions – introduction of a new gamma irradiation facility at the Research Centre Řež Ltd.

Abstract: A new gamma irradiation facility has been built in the valley of the Vltava River near Prague in the Research Centre Řež. Thanks to its facilities, within the Czech Republic it is a unique workplace. In

this article, we explore the possibilities of the new technology and find out which scientific research and applications can be used.

Zdeněk Weiss: 50 years of Glow discharge optical emission spectroscopy: Principles, applications and a broader context.

Abstract: Glow Discharge Optical Emission Spectroscopy (GD-OES) is an advanced method for elemental analysis of metals, inorganic coatings and thin films. Characteristic features of GD-OES spectra are outlined and their representation by transition rate (TR) diagrams is presented. Some links to the analytical methodology and examples of typical applications are given.

Pavel Solný:

Radiological physics and physics in medicine

Abstract: Implementation of new technologies in medicine is historically connected via a collaboration between physicians and physicists. Though many of the new medicine methods were famously in the spotlight, the technology and physics remained hidden in the background. Interestingly, it is true that at the outset many of these new technologies were implemented into medical practice without any proper study of its physical basis, risk assessment or appropriate research (an example of this is radiotherapeutics use of X-rays within 6 months after their discovery). Current state-of-the-art of medicine requires a close cooperation between physicians and clinician technologists, and in the case of the use of ionizing radiation, also medical physicists. Correct cooperation is the basis of up-to-date medical care, which now more than ever before, is a multidisciplinary branch.

MATEMATIKA A FYZIKA VE ŠKOLE

Komise pro vzdělávání učitelů matematiky a fyziky JČMF,
Pobočný spolek JČMF Olomouc a Gymnázium Jevíčko
pořádají seminář

Matematika a fyzika ve škole

Gymnázium Jevíčko, 21. – 23. srpna 2018

Akce je akreditována v systému DVPP. Více informací, včetně zvaných přednášejících, abstraktů přednášek a registračního formuláře, lze nalézt na stránkách semináře.



<https://www.gymjev.cz/seminar-matematika-a-fyzika-ve-skole/>

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU

3/2018

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: červen 2018

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:
Jan Valenta

Výkonná redaktorka:
Eva Klimešová

Oboroví redaktori – Associate Editors:
Jaroslav Bielčík, Pavel Cejnar, Juraj Fedor,
Petr Káckovský, Jiří Limpouch, Jan Mlynář,
Karel Rohlena, Štěpán Stehlík, Alena Šolcová,
Patrik Španěl, Ivan Zahradník

Redakční rada – Editorial Board:
Ivo Čáp, Stanislav Daniš, Pavel Demo, Ivan Gregora,
Libor Juha, Jan Kříž, Štefan Lány, Jana Musilová,
Fedor Šimkovic, Aleš Trojánek

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

Jazyková úprava:
Stanislava Burešová, Lýdia Murtinová

Vedoucí výroby a grafik:
© Jiří Kolář

Tisk: Grafotechna plus, s. r. o.

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

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

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

Časopis je zařazen na Seznam recenzovaných
neimpaktovaných periodik vydávaných v ČR.

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

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



Úvodník



Vážené čtenářky a vážení čtenáři,

představuji vám letošní „prázdninové“ číslo žlutého časopisu. Jedním z jeho dominantních témat je sluneční energie a fotovoltaika, dalšími jsou ženy ve vědě a umění nebo radiologická fyzika.

Léto nám letos začalo již v dubnu, je tedy otázkou, jaké roční období přijde v létě. Jisté však je, že na vlastní kůži pocítíme, jak mnoho energie k nám ze Slunce přichází. V našich oblastech dopadá na jeden metr čtvereční (při jasné obloze) výkon přibližně jeden kilowatt – stačí se za poledne otočit ke slunci a pocítíte tu sílu. Sluneční záření umožňuje existenci života na Zemi, ale v budoucnu zřejmě způsobí i jeho zánik – pokud se to lidstvu nepodaří dříve.

Lidé si jistě uvědomili klíčový význam Slunce, hned jak jim to „začalo myslet“. A vzápětí začali koumat, jak pro sebe využít tento „nevyčerpatelný“ zdroj energie. Kromě jaderné a geotermální energie mají vlastně všechny zdroje energie, které využíváme, původ ve slunečním záření. Mezi současnými energetickými technologiemi vyniká fotovoltaika, která pomocí vnitřního fotoelektrického jevu v polovodičích přetváří sluneční fotony přímo a účinně na elektrický proud. Rubrika Ve zkratce popisuje sluneční spektrum v souvislosti s principem fotovoltaických článků a jejich teoretickou i praktickou účinností.

Fotovoltaika sice v naší zemi kvůli špatně nastavenému systému podpory a jejímu oportunistickému využití získala špatnou pověst, ale v globálním měřítku zažívá obrovský rozvoj. Při vývoji fotovoltaických článků můžeme sledovat jako cíl buď maximalizaci výkonu (téměř za jakoukoliv cenu, např. pro kosmické aplikace), nebo, častěji, optimalizaci poměru cena/výkon – v této oblasti kraluje křemík jako druhý nejběžnější prvek zemské kůry po kyslíku a jako dominantní materiál polovodičového průmyslu. V posledních letech se však objevila nová skupina fotovoltaických materiálů složených z relativně levných a hojných prvků – perovskity. O nich pojednává aktualita Zdeňky Hájkové a spolupracovníků z Fyzikálního ústavu AV ČR. Tyto zajímavé materiály zaznamenaly pozoruhodný pokrok v účinnosti a staly se „hot topikem“ fotovoltaického výzkumu.

V tomto čísle pokračujeme ve slíbeném ožívání rubrik a zavádění nových. Po mnoha letech byla obnovena rubrika Metody a přístroje, kterou považujeme za velmi důležitou. Objevují se zde hned dva příspěvky. Rubrika Otázky a názory, reinkarnovaná v minulém čísle, pokračuje glosou Daniela Münicha k Leidenskému manifestu – tedy k problematice hodnocení vědeckého výkonu, což je téma velmi kontroverzní. Vzhledem k zavádění nové metodiky hodnocení 2017+ se budeme k tématu jistě vracet.

Poprvé je zařazena rubrika Umění a věda, kde bychom chtěli představovat osobnosti, které jsou schopny vytvořit propojení mezi zdánlivě disjunktivními světy vědeckého poznání a uměleckého výrazu. První z takových osobností je Jitka Brúnová-Lachmann, která vytváří výtvarná díla inspirovaná především kvantovou fyzikou a optikou. Ženský prvek ve vědě dále pojednává Eliška Beránkové o významných ženách v historii vědy – Sofii Kowalevské a Emmy Noetherové. Tyto matematicky lze pokládat za průkopnice zapojení žen do vědeckého bádání a pronikání do mužského akademického světa. Je to téma, které i dnes vzbuzuje četné debaty o důvodech relativně malého podílu žen mezi badateli. Vznikají různé aktivity pokoušející se o vylepšení tohoto stavu a ty bychom také měli v našem časopise představovat.

Přeji vám všem příjemné a osvěžující léto strávené podle vašich představ, ať už pod slunečními paprsky, ve stínu, nebo v klimatizované laboratoři.

Jan Valenta

Obsah

OTÁZKY A NÁZORY

Leidský manifest Česku

144

Daniel Münich

Víte, pane Keplere, ta vaše „Astronomia nova“ má velmi nízký impaktní faktor. Věnujte se raději horoskopům!



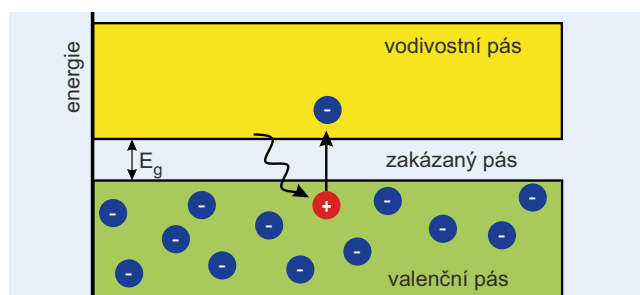
Autor: František Míza

AKTUALITY

Perovskity – nový fenomén ve fotovoltaice

149

Zdeňka Hájková, Lucie Abelová, Tereza Schöfeldová,
Neda Neykova, Jakub Holovský a Martin Ledinský

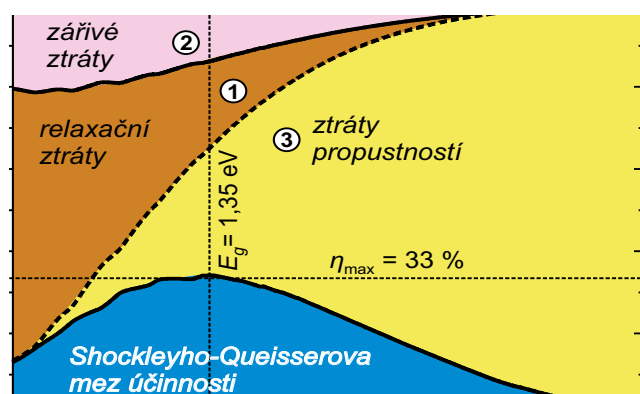


VE ZKRATCE

Sluneční záření a fotovoltaika

152

Jan Valenta



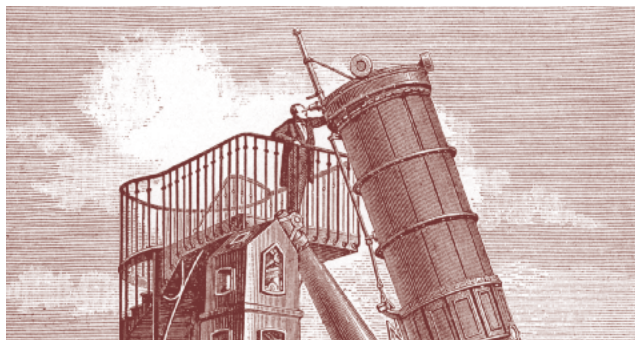
FYZIKA PŘED ~111 LETY

PŘEHLEDY POKROKŮ FYZIKY

Nauka o vlnivém pohybu étheru

157

Vladimír Novák



HISTORIE FYZIKY

François Dominique Arago – fyzik s duší dobrodruha (1786–1853)

161

František Jáchim



Teorém Cauchyho-Kowalevské a teorém Noetherové: Jak se jako žena (ne)proslavit ve světě matematiky?

168

Věnováno 100. výročí teorému Noetherové

Eliška Beránková

METODY A PŘÍSTROJE

Testování zařízení v extrémních podmínkách – nová gama ozařovna v Centru výzkumu Řež se představuje

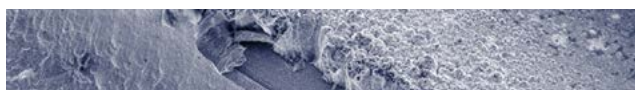
176

Michaela Rabochová, Roman Mohyla

50 let optické emisní spektroskopie s doutnavým výbojem: principy, aplikace a souvislosti

178

Zdeněk Weiss

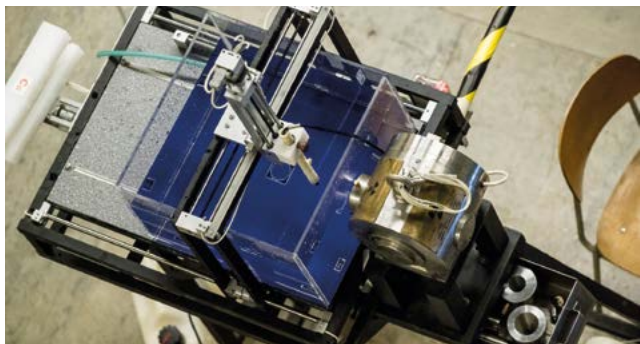


REFERÁTY

Radiologická fyzika a fyzika v medicíně

183

Pavel Solný



UMĚNÍ A VĚDA

Most mezi vědou a uměním

187

Obrazy Jitky Brůnové-Lachmann

Jan Valenta



MLÁDEŽ A FYZIKA

Slněná energia v úlohách fyzikálních súťaží pre mládež

190

Ľubomír Konrád, Jan Kříž, Filip Studnička, Bohumil Vybíral

Medzinárodná experimentálna fyzikálna olympiáda

194

Ľubomír Konrád



MLÁDEŽ A FYZIKA

Jarní soustředění FYKOSu 2018

198

Kateřina Rosická



Science to Go!

199

aneb Když mladí vědci popularizují

David Piša

ZPRÁVY

Academia Film Olomouc inspirující

200

Reportáž z jednoho dne na festivalu AFO, který přinesl spoustu fyzikální inspirace

Jan Valenta

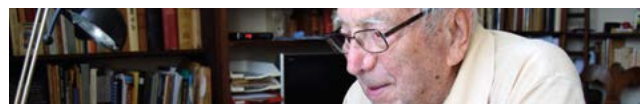


LIDÉ A FYZIKA

Luboš Perek devětadevadesátiletý...

203

Jana Žďárská



RECENZE KNIH

Filip Grygar

Komplementární myšlení Nielse Bohra v kontextu fyziky, filosofie a biologie

205

Patrik Čermák

Leidenský manifest Česku

Daniel Münich

Leidenský manifest stručně a jasně vysvětluje a radí, jak by se měla a hlavně neměla používat bibliometrie k hodnocení vědy. Jeho autory jsou světové autority v oblasti bibliometrie a hodnocení vědy a výzkumu (VaV). Deset principů Leidenského manifestu nastavuje dosavadní praxi hodnocení vědy v Česku nemilosrdně kritické zrcadlo, ale nedělejme si iluze, že tento dokument pohne českým vědeckým vesmírem. Ovšem každá kapka dobrá.

Díky překladu z dílny Strategie AV21 se českým akademickým rybníkem šíří *Leidenský manifest o měření výzkumu* [1]. Jde o deset stručných doporučení, jak používat nebo spíše nepoužívat bibliometrické indikátory k hodnocení vědy. Pro Česko, které před deseti lety nasedlo na celosvětovou vlnu posedlosti bibliometrií, jsou to zásady poučné. Jednou z hlavních příčin této posedlosti v Česku je systémová neschopnost kombinovaná se skepsí a neochotou akademiků provádět hodnocení výzkumu jinak. V této úvaze bych se chtěl zamyslet nad prvními čtyřmi principy Leidenského manifestu ve světle zavedené české praxe hodnocení výzkumných organizací.

Leidenský manifest

Leidenský manifest vypracovala skupina pěti odborníků na vědní a veřejnou politiku a scientometrii: Diana Hicks, Paul Wouters, Ludo Waltman, Ismael Rafols a Sarah de Rijcke. Dokument je nazván podle místa konání konference, na které původně vznikl. Obsahuje deset principů, které mají pomoci k tomu, aby hodnocení výzkumu hrálo důležitou roli v *rozvoji vědy a jejího vztahu ke společnosti*. Jde o těchto deset bodů:

1. Kvantitativní hodnocení by mělo sloužit jako podpora kvalitativního, odborného posouzení.
2. Měřte výkonnost ve vztahu k výzkumným cílům instituce, skupiny nebo výzkumníka.
3. Je třeba chránit vynikající výzkum regionálního významu.
4. Sběr a analýza dat by měly být otevřené, transparentní a jednoduché.
5. Ti, kteří jsou hodnoceni, by měli mít možnost ověřit data a analýzy.
6. Je nutné zohledňovat rozdíly mezi obory v publikační a citační praxi.
7. Hodnocení jednotlivých výzkumníků by mělo být založeno na kvalitativním posouzení jejich portfolií.
8. Vyhněte se nemístné konkrétnosti a falešné přesnosti.
9. Věnujte pozornost vlivu hodnocení a indikátorů na systém.
10. Indikátory by měly být pravidelně přezkoumávány a aktualizovány.

Český překlad vznikl v rámci Strategie AV21 a lze jej nalézt zde: http://www.leidenmanifesto.org/uploads/4/1/6/0/41603901/leiden_manifesto_cz.pdf

1. Leidenský princip

Kvantitativní hodnocení by mělo sloužit jako podpora kvalitativního, odborného posouzení. Kvantitativní měření může zabránit zaujatosti při „peer review“ a pomoci při rozhodování. To by mělo „peer review“ posílit, protože posuzovat kolegy bez dostateku relevantních informací je obtížné. Hodnotitelé však nesmějí být v pokušení přenechat rozhodování číslům. Indikátory by neměly nahradit informované posuzování. Všichni nesou odpovědnost za svá hodnocení.

Na začátek jedna poznámka. Celý Leidenský manifest, včetně jeho prvního principu, hovoří o hodnocení vědy, ale již nezmiňuje čeho konkrétně. Principy sice platí všeobecně, ale spolehlivost bibliometrie se výrazně liší podle úrovně a typu hodnocení. Při aplikaci principů je třeba rozlišovat, zda bibliometrii používáme pro hodnocení jednotlivých vědců, týmů, pracovišť, institucí nebo oboru jako celku na národní úrovni. Čím nižší a menší jednotka hodnocení, resp. čím menší počet vědeckých výsledků zahrnutých do hodnocení, tím ošidnější je vypovídací hodnota bibliometrických ukazatelů.

V dalším textu budu mít často na mysli hodnocení výzkumných organizací (VO) a jejich pracovišť, kde je bibliometrie poměrně spolehlivá. Pro ilustraci uvedu pár z mnoha příkladů, ze kterých bude zřejmé, že čím nižší úroveň hodnocení, tím potřebnější je doprovodný dohled očí věci znalých hodnotitelů:

- Stává se to zřídka, ale i skvělý a posléze slavný objev se může objevit v provinčním časopise, což bibliometrie neodhalí. Naopak i nevýznamné články, někdy dokonce díky omylům, se mohou dostat do špičkového časopisu.
- I časopisy impaktované Web of Science (WoS) dokážou šikovnou redakční politikou uměle navýšovat svůj impakt faktor. Do takového detailu již zpravidla bibliometrické podklady nejdou a je na očích znalce, aby ověřil úroveň – tedy význam, vliv a náročnost daného časopisu.
- Články typu „review“ (metaanalýza), tedy přehledy existujících poznatků na dané téma, jsou zpravidla diametrálně více citované, byť jejich přínos často není tak velký, jak by se na základě citovanosti mohlo zdát.
- Z žádného standardního bibliometrického ukazatele nevyčtete, za jakých materiálních, finančních a lidských podmínek výsledek vznikl. Stejně tak z nich nevyčtete, že pracoviště badá v nově se formujícím oboru a zda by do něj mělo pracoviště svůj výzkum dále směřovat.

Kafemlejek

Autoři Leidenského manifestu zmiňují příklady zemí, které podlely pokušení číselného automatismu takto: „Ve Skandinávii a v Číně přiděluji některé univerzity

Perovskity – nový fenomén ve fotovoltaice

Zdeňka Hájková¹, Lucie Abelová^{1,2}, Tereza Schönfeldová¹,
Neda Neykova¹, Jakub Holovský^{1,2} a Martin Ledinský¹

¹ Fyzikální ústav Akademie věd České republiky, v. v. i., Cukrovarnická 10/112, 162 00 Praha 6

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

Organicko-anorganické perovskity se nedávno ukázaly jako nadějný materiál pro výrobu levných tenkovrstvých slunečních článků s vysokou účinností. Příspěvek představuje strukturu perovskitů, jednoduché metody jejich přípravy a slibnou perspektivu tandemového slunečního článku perovskitu s křemíkem. Zmíněny jsou též dvě slabiny, které zatím brání komerční výrobě perovskitových slunečních článků.

Úvod

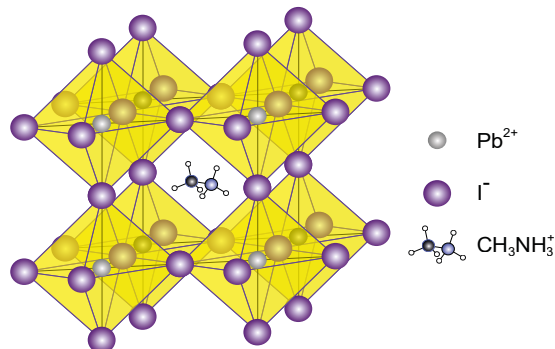
V současnosti asi 80 % světové produkce energie pochází z fosilních paliv (tj. uhlí, ropy a zemního plynu) [1]. S ohledem na problémy spojené s jejich těžbou, omezenými zásobami a důsledky spalování (znečištění ovzduší, globální oteplování) je namístě uvažovat o alternativách k těmto vyčerpatelným zdrojům energie. Postupně proto nabývají na významu obnovitelné zdroje energie, mezi něž patří proudění větru, energie vody, tepelná energie zemského jádra, biomasa v podobě biopaliv nebo sluneční záření. Posledně jmenované sluneční záření lze ve slunečních článcích přímo přeměnit na elektrickou energii. Děje se tak díky tzv. fotovoltaickému jevu, kdy při osvětlení článku (tj. absorpci fotonů článkem) dochází ke vzniku volných nosičů náboje (tj. elektronů a děr). Na konci roku 2016 dosáhl celosvětový instalovaný fotovoltaický výkon přes 300 GW_p [2], což pokrývá necelá 2 % z celkové poptávky po elektřině. Z pohledu celosvětově nově nainstalovaných zdrojů elektrické energie se fotovoltaika již několik let pohybuje nad hranicí 10 % [3] a očekává se další výrazný nárůst. V roce 2030 by mohl být podíl fotovoltaiky na nových instalacích elektrické energie až 50 %.

Většina slunečních článků je dnes vyráběna z krystalického křemíku, což je vůbec nejdéle zkoumaný fotovoltaický materiál, dosahující účinnosti přes 25 % [4]. (Pro představu – maximální teoretická účinnost slunečního článku je dána tzv. Shockleyho-Queisserovým limitem a má obecně pro běžné sluneční články hodnotu 33 %, v případě křemíku pak 29,4 %.) Vedle křemíku se používají i další polovodiče, jako např. tellurid kadmia (CdTe), selenid mědi, india, gallia (Cu(In,Ga)Se₂, označovaný jako CIGS) nebo arsenid gallia (GaAs). Právě článek vyrobený z arsenidu gallia drží rekord v účinnosti přeměny slunečního záření (28,8 % [4]), je však mnohem nákladnější na výrobu než křemíkové články. Výzkum ve fotovoltaice proto směřuje dále k hledání nových materiálů, které bude možné použít

pro výrobu levných slunečních článků s vysokou účinností. Dnes se studují vlastnosti dalších forem křemíku (např. amorfni či mikrokrytalický křemík nanášené v tenkých vrstvách či ve tvaru nanodrátů), sluneční články založené na kvantových tečkách, organických barvivech, kesteritech (Cu₂ZnSnS₄, CZTS) a nejnověji také hybridní organicko-anorganické perovskity.

Co jsou perovskity a proč je dnes o ně takový zájem

Jako perovskity se označuje skupina materiálů, které mají krystalickou strukturu shodnou s oxidem vápenato-titaničitým (CaTiO₃). To je minerál, jenž byl roku 1839 pojmenován perovskit podle ruského diplomata a mineraloga Lva Alexejeviče Perovského. Obecně můžeme strukturu perovskitů zapsat jako ABX₃, přičemž A představuje velký vnitřní kation (např. CH₃NH₃⁺, HN=CHNH₃⁺, Cs⁺), B malý kation, který je součástí krystalové mřížky (např. Pb²⁺, Sn²⁺), a X halogenidový anion (I⁻, Br⁻, Cl⁻). Příkladem intenzivně ve fotovoltaice zkoumaného perovskitu je polovodič CH₃NH₃PbI₃ (obr. 1). Důvodem enormního zájmu o tento materiál je skutečnost, že v posledních letech raketově vzrostla



Obr. 1 Krystalová struktura nejběžnějšího organicko-anorganického perovskitu CH₃NH₃PbI₃. Organický kation je obklopený oktaedry PbI₆.

Sluneční záření a fotovoltaika

Jan Valenta

Katedra chemické fyziky a optiky, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova; jan.valenta@mff.cuni.cz

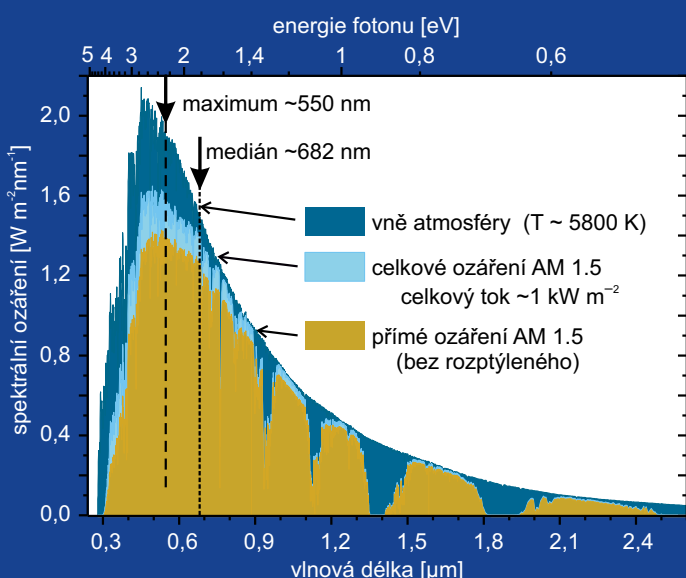
Sluneční spektrum

Zdrojem energie pro fotovoltaické (FV) články je tok fotonů od Slunce. Plošná hustota výkonu vně atmosféry se nazývá sluneční konstanta a její hodnota je $1,37 \text{ kW/m}^2$. Celkem vysílá Slunce k Zemi výkon $174 \text{ PW} = 1,74 \cdot 10^{17} \text{ W}$ (obr. 1).

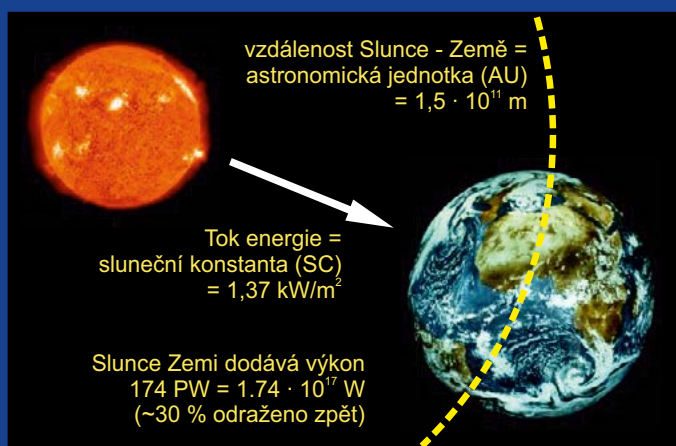
Průchodem atmosférou se část energie odrazí a absorbuje. Spektrum se podobá vyzařování dokonale černého tělesa o teplotě asi 5800 K (což je efektivní teplota vnější vrstvy Slunce, fotosféry), v němž jsou „vyříznuty“ absorpční pásy atmosférických plynů a vodní páry (zejména je ovlivněna ultrafialová (UV) a infračervená (IR) spektrální oblast). Přesný tvar spektra závisí na úhlu dopadu, respektive na délce dráhy světla atmosférou.

Pro účely fotovoltaiky se používá standardní spektrum známé jako AM 1.5 (zkratka z *Air Mass 1.5* – vychází z toho, že paprsky procházejí atmosférou pod úhlem 48° , takže efektivní tloušťka atmosféry je 1,5násobek tloušťky při kolmém dopadu)¹ [1]. Standard obsahuje dvě spektra: Přímé ozáření a celkové ozáření (přímé + rozptýlené) z celého poloprostoru (prostorový úhel = $2\pi \text{ sr}$ – steradiánu), viz obr. 2.

¹ Spektrum AM 1.5 bylo definováno zástupci FV průmyslu a americkými vládními laboratořemi ve spolupráci s American Society for Testing and Materials (ASTM). Nový standard ASTM G173-03 nahradil předchozí G159 v lednu 2003 a odpovídající mezinárodní standard je ISO 9845-1:1992.



Obr. 2 Sluneční spektrum definované standardem ASTM G173-03: Spektrum vně atmosféry (AM 0) a po průchodu atmosférou (AM 1.5) – celkové a přímé ozáření. Vše vyjádřeno v závislosti na vlnové délce.



Obr. 1 Tok energie ze Slunce na Zemi.

Spektrum AM 1.5 je uvedeno v jednotkách spektrálního ozáření [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$], to znamená, že udává, kolik energie [J] dopadá na 1 m^2 za sekundu ve spektrálním intervalu 1 nm . Jestliže zintegrujeme celé spektrum, dostaneme celkový výkon na m^2 , který činí $900,1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ a $1000,4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ pro přímé a celkové záření AM 1.5. Vidíme, že poměr přímého a nepřímého ozáření je asi 0,9, tedy 90 % záření přichází od Slunce přímo v úzkém pozorovacím úhlu $\omega_s = 32'$ (prostorovém úhlu $\Omega_s = 6,8 \cdot 10^{-5} \text{ sr}$). Ovšem při zatažené obloze je přímé záření velmi sníženo a rozloženo rovnoměrněji v poloprostoru. Maximum spektra AM 1.5 je kolem 550 nm – to odpovídá zelenému světlu.

Polovodičový fotovoltaický článek je založen na tzv. *vnitřním fotoefektu*, kdy absorpcí vhodného kvanta světla (fotonu) je elektron vybuzen z valenčního pásu přes pás zakázaných energií do vodivostního pásu. Podobně jako *vnější fotoefekt*, kdy pohlcením fotonu se uvolní elektron ven z materiálu, je k popisu nutný kvantový popis záření.

Převedení AM 1.5 spektra do vhodných jednotek probíhá ve dvou krocích: Jednak převedeme osu vlnové délky na energii fotonu (přičemž použijeme oblíbené jednotky eV (elektronvolt, což je energie, kterou získá elektron mající elementární náboj, v potenciálním poli 1 V , $1 \text{ eV} \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$) a potom převedeme spektrální ozáření na kvantové spektrální ozáření. Základem pro transformaci je vztah mezi energií fotonu E a vlnovou délkou λ

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}, \quad E[\text{eV}] = \frac{1239,5}{\lambda[\text{nm}]}, \quad (1)$$

kde h je Planckova konstanta a c je rychlost světla. Pravá strana udává numerický vztah pro případ vyjádření E a λ v jednotkách

PŘEHLEDY POKROKŮ FYSIKY

Nauka o vlnivém pohybu étheru

Vladimír Novák

21. 6. 1869 Praha – 24. 3. 1944 Brno



Vladimír Novák

Pokračujeme v pohledu na vývoj fyziky před ~111 lety, jak jej podávaly *Přehledy pokroků fyziky*, o kterých jsme pojednali v předminulém čísle [J. Valenta: Čs. čas. fyz. 68, 51 (2018)]. Tentokrát jsme vyhledali zprávy o studiu

slunečního záření, které byly součástí kapitoly „*Nauka o vlnivém pohybu étheru*“, vypracované Vladimírem Novákem. Přehled zahrnuje léta 1904 až 1912.

Jan Valenta

úvod

IV. Radiace světelná a tepelná.

Napsal Dr. Vladimír Novák v Brně

Záření některých světelných pramenův.

1904

V tomto odstavci uvedeny budtež práce o záření slunečním.

Poynting¹ počítal ze známé solární konstanty dle zákona Stefanova teplotu planet slunečního systému a slunce. Přijme-li se za solární konstantu hodnota Rosettiho (2·5 kalorie/min), vychází pro Merkur teplota 196°, pro Venuši 79°, pro naši Zemi 17°, pro Mars –38°. Nemá-li Měsíc atmosféry, jest jeho povrchová teplota na místech Sluncem nejsilněji ozářených 139°. Dle měření Langleyových jest povrchová teplota Měsíce přibližně 0°, tak že hořejší výsledek bylo by vyložiti mocným vedením tepla do vnitřních vrstev Měsíce. Analogický nesouhlas ukazuje číslo pro povrchovou teplotu Marta, na jehož povrchu by voda musila býti jen ve skupenství tuhém. V druhé části svého pojednání Poynting uvažuje vliv světelného tlaku na gravitaci, počítá, kdy se obě tato působení vyrovnávají, vykládá povstání komety, počítá případy pohybujících se těles, jež vlivem světelného tlaku a gravitace nemění svou vzájemnou polohu atd.

Langley² určil z četných měření solární konstanty, provedených na astrofyzikální observatoři Smithsonova ústavu od října 1902 do března r. 1904, že koncem března 1903 nastala značná změna sluneční radiace, kterou po vymýcení různých zdrojů chyb, hlavně proměnnosti absorpční mohutnosti atmosféry zemské, bylo možno přibližně určití číslem 10%. Langley počítal, jaká by musila nastati změna ve střední teplotu-

ře Země, kterou by tak veliká změna v radiaci sluneční přivodila. Výpočet ukazuje, že by střední teplota Země musila klesnouti o 7·5°; z pozorování provedených na 89 stanicích v mírném pásmu rozložených konstatována byla v příslušné době změna o 2°.

Gorczyński³ ukázal veliký vliv vlhkosti na roční průběh radiace sluneční. V krajinách o malé roční změně vlhkosti připadá maximum insolace na červen, v místech velikých změn vlhkosti jsou dvě maxima insolace a to jedno v březnu, druhé v říjnu.

Fabry⁴ určil světelnou intensitu slunečního záření pro střední vzdálenost Země od Slunce a pro postavení Slunce v zenitu číslem 10⁵ svíček.

1905

O slunečním záření jedná několik prací. Hale⁵ odpovídá na některé kritiky výkladu svého o konstituci slunečního povrchu, založeného na monochromatických spektrofotografiích slunce (IV. 168. 1904).

Z rozmanitých námitek, jež učinili Evershed, Lockyer, Deslandres a Julius, jest jedna námitka Juliova nejvážnější (IV. 164, 165 1905). K potvrzení Juliovy teorie založené na anomální dispersi a dispersních pásmech (IV. 166. 1905) přispěl zajímavou poznámkou Przybylock.⁶ Obíhání země kolem slunce a vlastní rotace slunce způsobuje, že země se periodicky vrací do určitých míst nehomogenního světelného pole slunečního. Dle Ekholma a Arrhenia trvá rotace sluneční 25.929 dní, tak že 14 otoček slunce trvá 363·006 dne, čili o 2·25 dne méně než rok siderický. Země tudíž přijde do původního místa světelného pole za dobu $25·929/2·25 = 11·25$ roků. Číslo toto úplně

3 L. Gorczyński, Anzeiger d. Krakauer Akad. d. Wiss. 465. 1903. Ref. Rundschau 19. 318. 1904.

4 Ch. Fabry, Nature 69. 167. 1903.

5 G. E. Hale, Astrophys. J. 21. 261. 1905.

6 E. Przybylock, Phys. ZS. 6. 634. 1905.

1 J. H. Poynting, Proc. Roy. Soc. 72. 265. 1903. Ref. J. d. Phys. (4) 3. 904. 1904.; viz též Nature 70. 512. a 71. 200. 1904.

2 S. P. Langley, Astrophys. J. 19. 305. 1904.

dokument

François Dominique Arago – fyzik s duší dobrodruha (1786–1853)

František Jáchim

Základní škola Dukelská, Dukelská 166, 386 01 Strakonice; jachimf@gmail.com

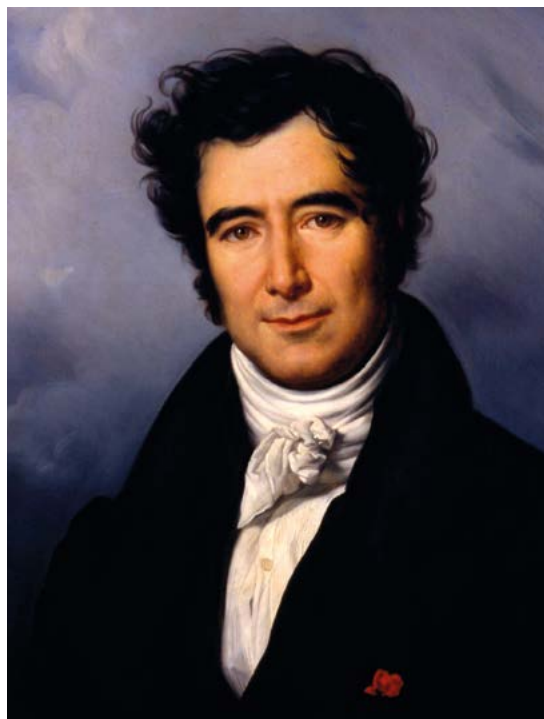
Když si návštěvník Paříže zblízka prohlíží Eiffelovu věž, může ho zaujmout její římsa, na níž jsou vepsaná jména 72 francouzských vědců a inženýrů, jejichž odkazy spadají mezi roky 1789 až 1889. Je to jakýsi Slavín osobností zlatého období francouzské vědy. Mezi jmény nalezneme i jméno fyzika, astronoma, zeměměřiče a ne vlastní vinou i dobrodruha Françoise Dominiqua Araga (obr. 1).

Cesta na pařížskou Polytechniku

Pramenem informací o Aragovi je jeho vlastní životopis [1], v češtině série článků [9]. Je však stručný, pokud jde o vědecké výsledky. Ty musíme hledat jinde – v jeho díle, které souborně vyšlo v [6]. Číst Aragův životopis je přesto vzrušující. Podívejme se proto, co velký vědec zažil. Narodil se 26. února 1786 v na jihu Francie v Estagelu nedaleko Perpignanu v rodině právníka. V Perpignanu také absolvoval gymnázium, kde si během studia oblíbil literaturu v dílech klasiků.



Obr. 1 Galerie významných vědců a inženýrů na Eiffelově věži.



Obr. 2 François Dominique Arago (1786–1853)

Obrat k jeho zájmu o přírodní vědy má téměř neuvěřitelnou momentku: Mladého Araga zničehonic zaujal důstojník procházející se po perpignanských hradbách, a tak se ho otázal, jakže se sám může stát důstojníkem. Ten mu odvětil, že absolvoval polytechnickou školu v Paříži. Arago se okamžitě přihlásil do matematického kurzu, sehnal si knihy významných matematiků, konkrétně Legendra, Lacroixe, Garniera, k tomu Laplaceovu *Mechaniku nebes*, a těšil se na přijímací zkoušku. Velmi náročně ho zkoušel bratr Gasparda Mongea, a to s takovým výsledkem, že na seznamu přijatých byl Arago na prvním místě. Během počátku studií, kdy už ostatně uměl vždy mnohem více, než se žádalo, absolvoval mj. i těžkou zkoušku u matematika a geodeta A. M. Legendra, který už jenom z důvodů Aragova nefrancouzského jména byl ke studentovi velmi arogantní. Ale student přesvědčil examinátora, že nejen zná jeho matematické spisy, ale dovede je také srovnávat s jinými významnými díly. Již během stu-

Teorém Cauchyho-Kowalevské a teorém Noetherové: Jak se jako žena (ne)proslavit ve světě matematiky?

Věnováno 100. výročí teorému Noetherové

Eliška Beránková

Katedra matematiky, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita, 30. dubna 22, 701 03 Ostrava

Tento článek se věnuje historickému kontextu vzniku a přijetí teorému Cauchyho-Kowalevské a teorému Noetherové, dvou jedinečných výsledků, které zásadně ovlivnily moderní matematiku i matematickou a teoretickou fyziku. Autorkami těchto teorémů jsou dvě ženy, Sofie Kowalevská a Emmy Noetherová, které si v době, kdy ženy jen stěží dosahovaly vyššího vzdělání, svým talentem, houževnatostí a úsilím dokázaly vybojovat místo ve vědeckém světě a navždy se zapsaly do historie přírodních věd.

Úvod

V návaznosti na články *Životní příběh Sofie Kowalevské* [1] a *Zákony zachování v moderních variačních teoriích. Odkaz Emmy Noether* [2], vydané v tomto časopise v č. 2 ročníku 61 (2011), bude představeno pozadí vzniku a přijetí dvou významných teorémů od zmíněných matematických Sofie Kowalevské a Emmy Noetherové. Cílem tohoto článku není zaměřit se na matematický výklad příslušných teorémů, ale jde spíše o historický pohled, ilustraci doby a podmínek pro práci a život těchto dvou významných žen. Tento článek je věnován připomenutí 100. výročí publikace teorému Noetherové, který vyšel v roce 1918 [3]. A zároveň je tento rok také 130. výročí významného mezníku v životě Sofie Kowalevské, kdy jí byla jako první ženě v historii Francouzskou akademií věd udělena cena Prix Bordin za práci o *Rotaci tuhého tělesa okolo pevného bodu* (v originále *Sur la problème de la rotation d'un corps solide autour d'un point fixe*).

V dnešní době bereme mnohé teorie, vzorce i teorémy za dané, používáme je, víme, že jsou dokázané, mnohé důkazy sami známe, a tudíž o jejich pravdivosti nepochybujeme. Ale ne vždy tomu tak bylo. Mnohé teorie byly ihned po svém vzniku odmítnuty nebo dokonce zapomenuty a až po nějakém čase, kdy spatřily světlo světa znovu, byly přijaty s aplausem a obdivem, které si zasloužily již po svém vzniku. Připomeňme si dva teorémy a ukažme si, jak se zrodily a jak byly přijaty společností, zejména matematickou. Oba dva teorémy

jsou dnes velmi známé – jedná se o teorém Cauchyho-Kowalevské, slavný teorém o řešitelnosti analytických diferenciálních rovnic, a o teorém Noetherové o symetriích variačních funkcionalů a o zákonech zachování, který z hlediska matematiky otevřel zcela nový směr pro řešení variačních diferenciálních rovnic a obecněji se stal fundamentálním teorémem matematické fyziky, jenž stojí v základech všech moderních fyzikálních teorií od mechaniky až po teorie polí.

Autorkami těchto teorémů byly matematicky Sofie Kowalevská a Emmy Noetherová. Obě dvě zanechaly významné stopy v řadě oblastí matematiky – Sofie v oblasti analýzy, teorii diferenciálních rovnic a v analytické geometrii a Emmy kromě variačního počtu a matematické fyziky (obecná teorie relativity) zejména v abstraktní algebře. Jejich hluboké výsledky se prolínají v oblasti řešení a řešitelnosti diferenciálních rovnic, do níž patří i oba dva zmíněné teorémy.

Teorém Cauchyho-Kowalevské

Teorie diferenciálních rovnic vznikla ve stejné době jako diferenciální počet. Již v roce 1671 se Newton zabýval diferenciálními rovnicemi ve své práci *Methodus Fluxionum et Serierum Infinitarum*.

V 18. století také matematici používali mocninové řady pro vyjádření funkcí, u kterých nebylo možné najít jednodušší formulí. Často vyjadřovali řadami i fyzikální veličinu, pro kterou znali její diferenciální rovnici.

Testování zařízení v extrémních podmínkách – nová gama ozařovna v Centru výzkumu Řež se představuje

Michaela Rabochová, Roman Mohyla

Centrum výzkumu Řež s.r.o., oddělení Diagnostika a kvalifikace, Hlavní 130, 250 68 Husinec-Řež;
Michaela.Rabochova@cvrez.cz; Roman.Mohyla@cvrez.cz

V údolí řeky Vltavy nedaleko Prahy v Centru výzkumu Řež s.r.o. byla vybudována nová gama ozařovna, která představuje svými technickými dispozicemi unikátní pracoviště v rámci České republiky. Prostřednictvím tohoto článku prozkoumáme možnosti nové technologie a zjistíme, na jaké vědecko-výzkumné úkoly a aplikace je možné ji využít.

Jak to všechno začalo

Nová gama ozařovna byla vybudována na základech její zastaralé předchůdkyně, která vznikla v roce 1960 ve spolupráci s Ústavem jaderného výzkumu (dnešní ÚJV, a. s.) a Ústavem pro výzkum, výrobu a využití radioizotopů (ÚVVVR, které je však dnes již rozdrobeno mezi několik podniků). Její původní využití spadalo do oblasti chemických, fyzikálních a elektronických aplikací a analýz [1]. Ozařovna byla hojně využívána až do roku 2010, kdy po téměř padesáti letech provozu byla nasnadě myšlenka o její celkové rekonstrukci. Pádým důvodem byla potřeba modernizace technologie a výměna zdroje gama záření, jehož aktivita již značně poklesla. Z tohoto důvodu se začalo s projektem designu nové gama ozařovny, která by měla rozšířené technologické možnosti. Rekonstrukce ozařovny byla zaštitěna podporou projektu SUSEN (*SUSustainable ENergy* [2]) a její provoz v nové podobě byl započat v září roku 2017.

Technologické dispozice

Na základě projektu nového designu ozařovny vzniklo multifunkční zařízení, které umožňuje ozařování v širokém spektru předem definovaných podmínek. Srdcem ozařovny je ozařovací kobka, v níž se nachází zdroj záření gama, v tomto případě ^{60}Co , který při instalaci disponoval aktivitou 180 TBq. Novinkou je ozařovací experimentální box, který tvoří dvouplášťový ocelový válec, jehož meziplášť je možné chladit vodou a s pomocí kapalného dusíku v něm dosáhnout teploty až $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při nízkých teplotách je také možné využít dvoustupňovou vakuovou aparaturu – rotační a turbomolekulární vývěvu – a vytvořit v prostoru boxu vysoké vakuum. Box disponuje i instalovanou



Obr. 1 Stínění vstupu do ozařovací kobky.

vyhřívací kazetou, a tak je uvnitř něj možné připravit i opačné podmínky, tedy vysokou teplotu až do $400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nedávno byly také instalovány pícky pro ohřev vzorků za účelem zvýšení kapacity ozařovny při ozařování za zvýšených teplot. Celý systém je možné ovládat a monitorovat vzdáleně a zaznamenávat teplotní průběhy. Důraz je také kladen na bezpečnost gama ozařovny, tedy ochranu před značným gama zářením zdroje. Ten je obložen silným betonovým a olověným stíněním a celé zařízení obsahuje množství aktivních i pasivních prvků, které chrání obsluhu ozařovny (obr. 1, 2).

Simulace podmínek jaderných elektráren i vesmíru

Kryogenní teploty, radiace a vakuum – tři důležité parametry, kterými se vyznačují podmínky, jaké panují ve vesmíru. Všechny tři parametry současně lze dosáhnout v experimentálním boxu (obr. 3), a tak se díky této unikátní technologii gama ozařovna řadí v rámci

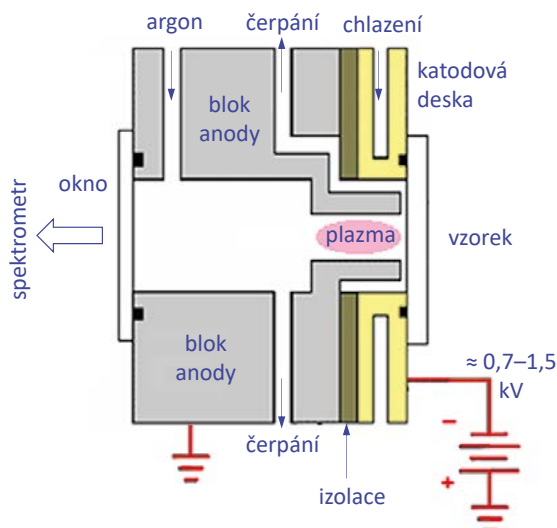
50 let optické emisní spektroskopie s doutnavým výbojem: principy, aplikace a souvislosti

Zdeněk Weiss

Fyzikální ústav AVČR, v. v. i., Na Slovance 2, 182 21 Praha 8

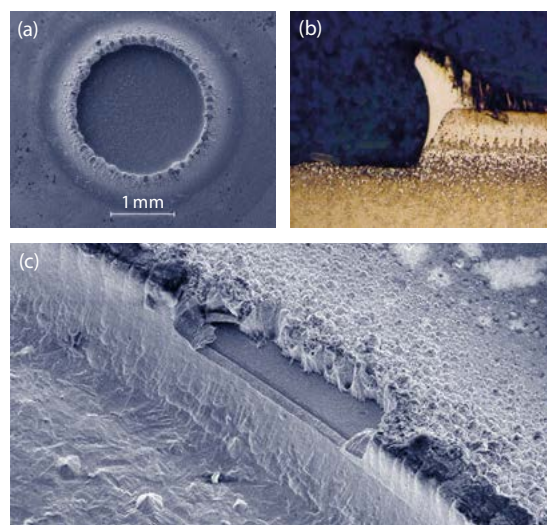
Optická emisní spektroskopie s doutnavým výbojem (GD-OES) je významná metoda chemické (prvkové) analýzy kovů, anorganických povlaků a tenkých vrstev. Jsou popsány charakteristické rysy spektru GD-OES a jejich reprezentace pomocí diagramů četností přechodů (TR diagramů). Jsou uvedeny souvislosti s metodikou analýz a typické příklady aplikací.

Na přelomu let 1967 a 1968 německý chemik Werner Grimm sestavil a patentoval výbojku s plochou katodou [1] jako nový spektrální zdroj pro spektrochemickou analýzu kovů a slitin. Položil tak základ pro celou novou disciplínu – optickou emisní spektroskopii s doutnavým výbojem (*Glow Discharge Optical Emission Spectroscopy*, GD-OES) [2, 3]. Ta se od té doby velmi rozvinula a stala se důležitým nástrojem k analýze prvkového složení kovových materiálů, anorganických povlaků, tenkých vrstev a materiálů s chemicky modifikovanými povrchy. Uplatňuje se v metalurgii, při optimalizaci procesů depozice tenkých vrstev, pro studium difuze v tenkovrstvých systémech, v oblasti vysokoteplotní oxidace a koroze kovových materiálů a v jiných podobných aplikacích.



Obr. 1 Grimmova výbojka.

<http://ccf.fzu.cz>



Obr. 2 Erozní kráter po analýze metodou GD-OES. (a) Celý kráter. Foto: Ing. P. Svora, Ph.D. (b) Průřez okrajem kráteru na vzorku boridované oceli: na levé straně je dno erozního kráteru, uprostřed na jeho okraji vystupuje nad původní povrch vzorku ostrá hrana tvořená redeponovaným materiálem odprášeným ze vzorku a vpravo je vidět neporušenou svrchní část vzorku (mimo erozní kráter), tvořenou fázemi vzniklými reaktivní difúzí bóru do oceli. Foto: Ing. J. Kuna (c) Detail okraje erozního kráteru.

Schéma Grimmovy výbojky je na obr. 1. Vzorek určený k analýze se položí na katodovou desku, vnitřek výbojky se vyčerpá, napustí se argonem a přivedením vysokého napětí na katodu vznikne doutnavý výboj, ve kterém se povrch vzorku atomizuje katodovým rozprašováním (*sputtering*) [4]. Erozní kráter po analýze je na obr. 2. Rozprášené atomy vzorku se ve výboji excitují

Radiologická fyzika a fyzika v medicíně

Pavel Solný

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, Břehová 7, 115 19 Praha 1, pavel.solny@jfifi.cvut.cz; Státní ústav radiační ochrany, v. v. i., Bartoškova 1450/28, 140 00 Praha 4–Nusle

Předmluva

Používání technologií v medicíně velmi výrazně souvisí se spoluprací lékařů a fyziků. Zatímco mnohdy se výrazně vyzdvihl přínos konkrétní lékařské metody, na technické a fyzikální pozadí se občas zapomíná. Zároveň není nezajímavé, že se často v historii (a bohužel i v současnosti) stává, že se nová technologie implementuje do medicíny dříve, než jsou zcela známa možná omezení a rizika (příkladem může být použití rentgenu k léčbě melanomů ani ne půl roku po objevu „paprsků X“) [1, 2]. Proces následné optimalizace či individualizace použití implementované technologie či postupu pak vyžaduje významnou kooperaci mezi fyziky a lékaři, kdy tato spolupráce může být narušena faktem, že „už to přeci funguje“. Přitom je dnes zcela zjevné, že bez multidisciplinární spolupráce pokrývající velkou část vědních oborů se moderní medicína neobejde. Jedním z těchto odvětví je i radiologická fyzika, která se zabývá hlavně fyzikální částí využití zdrojů ionizujícího záření při diagnostických a terapeutických postupech [3].

Úvod

V souvislosti se současným rychlým vývojem aplikací nejrůznějších technologií v medicíně, prohlubováním znalostí v oblasti procesů a fungování jednotlivých buněk v lidském těle, rozšířením poznatků v oblasti farmakologie, biofyziky i zlepšením znalostí principů fungování tkání a orgánů jako celku dochází k rozšiřování možných aplikací současných špičkových technologií pro použití při diagnostice, léčbě a sledování výsledků léčby široké škály onemocnění. K účelné, a především bezpečné implementaci současných poznatků a nových technologií již však dávno nestačí pouze naučit lékařský personál tyto technologie používat. Správné a bezpečné využití zdrojů ionizujícího záření v medicíně vyžaduje přítomnost vysoce kvalifikovaného personálu (radiologických fyziků) a radiologických techniků s technicky orientovaným vzděláním obsahujícím i základy radiobiologie, detekce ionizujícího záření, ale i zpracování obrazu a dat [4, 5].

Praktické aspekty aplikací nových technologií v medicíně velmi úzce souvisely v dřívějších dobách s techniky či elektrotechnikou a dnes s biomedicínskými inženýry a radiologickými fyziky. V tomto a snad i několika dalších článcích bychom se chtěli zabývat zejména aplikací radiologické fyziky v nukleární medicíně a s ní souvisejícím aktuálním vývojem.

Něco málo z historie aneb desetiletí velkých objevů

Od prvního využití ionizujícího záření v medicíně za pár let uplyne více než jeden a čtvrt století. Wilhelm Conrad Roentgen v roce 1896 dokázal jako fyzik využít svou intuici a invenci k pořízení prvního rentgenového snímku. Zároveň prokázal značnou porci altruismu a prozíravosti, když dal svůj objev volně k dispozici všem. Zjištění, že je možné neinvazivně nahlédnout do lidského těla, zaujalo lékaře a znamenalo revoluci v medicíně. Došlo tak záhy k položení základu oboru *rentgenová diagnostika*, která je pro medicínu nepostradatelná. Nedlouho poté byly pozorovány a popsány i první nežádoucí účinky – zarudnutí a poškození kůže, epilace a v některých případech i nekróza povrchu kůže v důsledku příliš častých expozic. Tato radiačně indukovaná poškození vedla lékaře téměř okamžitě k úvahám o dalším možném použití tohoto záření. S dobrým úmyslem kontroly či zničení rostoucích lézí melanomu tak došlo k léčbě kožních i jiných nádorů pomocí rentgenu bez znalosti vlastností přístroje, charakteristik záření ani principu fungování již během šesti měsíců od jeho objevu. Ačkoli byly v následujících letech učiněny pokusy o výzkum principu vlivu paprsků X na buňky, tehdejší úroveň vědy neumožnila zjištění bližších detailů. Takto byl v podstatě položen základ dnešního oboru *radioterapie (radiační onkologie)*, která využívá ionizující záření k léčbě nádorů a paliativní léčbě [1, 2].



Obr. 1 Fotografie sálu brachyterapeutického pracoviště s operačním stolem v popředí, brachyterapeutickým aplikátorem (vlevo) a C ramenem (rentgenem pro kontrolu správnosti zavedení aplikačních jehel).

Most mezi vědou a uměním

Obrazy Jitky Brůnové-Lachmann

Jan Valenta

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

RNDr. Jitka Brůnová-Lachmann

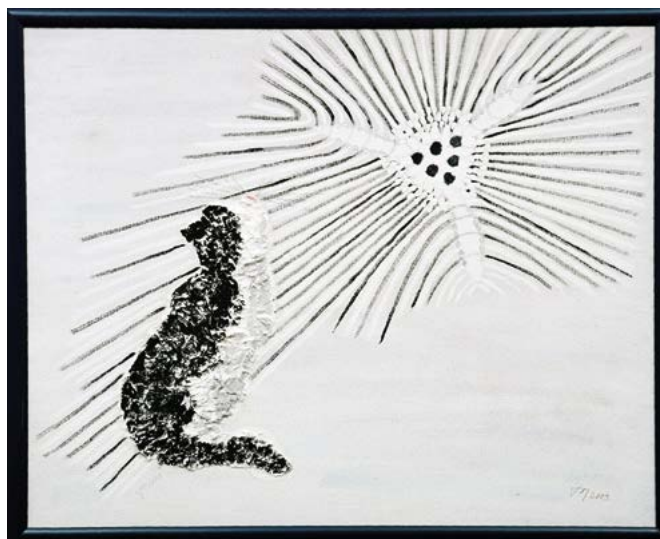
- narozená v Prostějově (1944)
- vystudovala Přírodovědeckou fakultu Univerzity Palackého v Olomouci (1966)
- získala doktorát z matematiky na UP (1976)
- dlouholetá členka Jednoty českých matematiků a fyziků – aktivně působila v ÚV JČMF
- vytváří obrazy inspirované (nejen) vědou a vystavuje na domácích i zahraničních univerzitách, konferencích a v galeriích – Paříž, Kolín nad Rýnem, Stockholm, Uppsala, Rochester, New York, Moskva, Praha atd.
- její obrazy byly zařazeny do publikace SPIE (Mezinárodní společnost pro optiku a fotoniku) v USA
- udržuje kontakty s mnoha vědci a umělci ve světě
- stále podniká studijní cesty na zajímavá místa a za zajímavými lidmi

Co se nedá přesně popsat...

Z projevu J. Valenty při zahájení výstavy obrazů Jitky Brůnové-Lachmann dne 10. června 2013 v Malé galerii vědeckého obrazu na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy.

... Před rokem jsem pro zahájení jedné výstavy vymyslel axiom: *Co se nedá přesně popsat, o tom se dá přesně mlčet.* Pokud by se tímto axiomem řídili všichni, zavládlo by hrobové ticho, ale i mnoho vědeckých časopisů by mohlo být zrušeno. I já bych musel nyní zmlknout... Dovolte mi však být chvíli nepřesný.

Při přípravě této výstavy se mi totiž zjevilo pokračování zmíněného axiomu: *To, co se nedá přesně popsat*



Schrödingerova kočka

– tedy popsat vědeckými metodami –, se dá pojednat umělecky. Tím předpokládám, že umění dokáže pojednat o té části lidské existence, kterou (zatím nebo nikdy) nelze popsat vědeckými metodami. Z toho se dá odvodit návrh definice: *Umění je to, co poskytuje sdělení, které se nedá popsat vědeckými metodami.* Z toho pak plyne, že to, co lze redukovat na vědecký popis, není umění.

Věda a umění směřují k různým oblastem všehomíra. K plnému, harmonickému, životu tedy zřejmě, ať si to uvědomujeme, nebo ne, *potřebujeme jak vědu, tak umění.* Pokud chceme my vědci do svého světa pojmut i nepopsatelnou část reality, musíme se uchýlit k umění nebo náboženství, eventuálně k obojímu. Řekl bych, že si to vědci často uvědomují a tíhnou k umění a víře, protože to završuje oblouk poznání v celkovou harmonii. (Opačný případ umělců se silným vztahem k vědě je podstatně vzácnější.) To pak přináší štěstí a radost: Jsou totiž jen tři zdroje opravdové radosti: radost z poznání, krásy a lásky, které se takto harmonicky spojí.

Občas lidé nastolují otázku, *zda může dojít k jistému splynutí vědy a umění.* Jak plyne z výše uvedených úvah, domnívám se, že to nastat nemůže, neboť věda a umění pojednávají o jiných částech všehomíra, používají jiný jazyk a jiné metody. *Jediné skutečné propojení představují osobnosti, které se dokážou zakotvit na obou březích.* Myšlenky a inspirace pak přes ně mohou přecházet jako přes most mezi vědou



Synergetika

Slnčná energia v úlohách fyzikálnych súťaží pre mládež

Lubomír Konrád¹, Jan Kříž², Filip Studnička², Bohumil Vybíral²

¹Gymnázium, Veľká okružná 22, 010 01 Žilina

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



Slnčná energia je najdostupnejšia forma energie, ktorá je pre náš život absolútne nevyhnutná. Preto sa jej venuje veľká pozornosť a ľudstvo sa snaží nájsť spôsoby ako ju efektívne využívať. Rovnako býva táto problematika častým námetom úloh na rôznych fyzikálnych súťažiach. Práve na takéto úlohy sa chceme zamerať v našom príspevku.

V prvej úlohe sa počíta tepelná rovnováha Zeme, výkon fotoelektrického zdroja, ktorý mení energiu slnečného žiarenia na energiu elektrickú, a vplyv výroby energie na tepelnú rovnováhu na našej planéte. Druhá úloha je experimentálna a zaoberá sa štúdiom solárneho článku. Tretia úloha, ktorá je inšpirovaná hollywoodskym trhákom Armagedon, má mierne vedecko-fantastický nádych, pretože sa v nej rieši využitie solárnej plachty ako alternatívneho pohonu družíc. Obe teoretické úlohy boli predložené riešiteľom Fyzikálnej olympiády na Slovensku, experimentálnu úlohu riešili účastníci Medzinárodnej experimentálnej fyzikálnej olympiády.

ÚLOHA 1: Tepelná rovnováha Zeme

Hlavným energetickým zdrojom Slnčnej sústavy je Slnko, ktoré vyžaruje energiu ako dokonale čierne teleso s povrchovou teplotou $T_S = 5800$ K. Žiarenie postupuje všetkými smermi do okolitého Vesmíru a zasobuje energiou aj planéty Slnčnej sústavy. Priemerná teplota väčšiny planét je určená rovnováhou absorbovanej slnečnej energie a energie vyžiarenej planétou do okolitého priestoru.

- Aká priemerná teplota povrchu Zeme zodpovedá rovnováhe pohltenej a vyžiarenej energie, ak Zem považujeme za dokonale čierne teleso? Aká by bola priemerná teplota povrchu Zeme, keby sa Zem nachádzala vo vzdialenosti od Slnka, zodpovedajúcej dráhe Marsu alebo Venuše?
- Aký elektrický výkon môže dosiahnuť fotoelektrický zdroj s celkovou plochou fotoelektrických článkov 10000 m^2 pri účinnosti premeny dopadajúcej energie slnečného žiarenia na energiu elektrickú $\eta = 20\%$?
- Aký výkon prepočítaný na jedného obyvateľa Zeme (6 mld. ľudí) by sa musel uvoľniť z pozemských zásob palív, aby sa priemerná teplota zemského povrchu zvýšila o 1°C ?
- Ovplyvňuje energetickú rovnováhu Zeme energia vyrobená v jadrových a vodných elektrárňach? Odpoved zdôvodnite.

Polomer Slnka $R_S = 6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$, vzdialenosť Zem – Slnko $d_{ZS} = 1,50 \cdot 10^{11} \text{ m}$, Mars – Slnko $d_{MS} = 2,28 \cdot 10^{11} \text{ m}$ a Venuša – Slnko $d_{VS} = 1,08 \cdot 10^{11} \text{ m}$, polomer Zeme $R_Z = 6,38 \cdot 10^6 \text{ m}$, Stefanova-Boltzmannova konštanta $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$.

Riešenie

- a) Slnko vyžaruje zo svojho povrchu výkon

$$P_S = 4\pi R_S^2 \sigma T_S^4.$$

Tento výkon sa šíri do okolitého priestoru. Vo vzdialenosti zodpovedajúcej priemernému polomeru orbitálnej dráhy Zeme pripadá na jednotku plochy kolmej na smer šírenia výkon

$$H_S = \frac{P_S}{4\pi d_{ZS}^2} = \frac{R_S^2}{d_{ZS}^2} \sigma T_S^4 \approx 1,38 \text{ kW/m}^2 \text{ (solárna konštanta).}$$

Na privrátenú časť povrchu Zeme dopadá výkon $P_{Z1} = \pi R_Z^2 H_S$ (Zem zachytí žiarivý tok plochou zodpovedajúcou priemetu gule do roviny kolmej na smer šírenia). V stave rovnováhy Zem tento výkon vyžiari ako čierne teleso

$$\pi R_Z^2 H_S = 4\pi R_Z^2 \sigma T_Z^4.$$

Priemerné teploty povrchu Zeme, Marsu a Venuše sú

$$T_Z = \sqrt{\frac{R_S}{2 d_{ZS}}} T_S \approx 279 \text{ K} \approx 6^\circ\text{C}$$

$$T_M = \sqrt{\frac{R_S}{2 d_{MS}}} T_S \approx 227 \text{ K} \approx -46^\circ\text{C}$$

$$\text{a podobne } T_V \approx 329 \text{ K} \approx 56^\circ\text{C}.$$

Vidno, že práve vzdialenosť Zeme od Slnka vytvára podmienky pre existenciu života.

- b) Výkon solárneho zdroja pri kolmom dopade žiarenia na fotočlánky je

$$P = \eta S H_S \approx 3,16 \text{ MW},$$

čo zodpovedá výkonu malej elektrárne.

- c) Produkcia energie z energetických zásob zmení rovnováhu pri zvýšenej teplote T_{Z1} tak, že

$$\pi R_Z^2 H_S + P = 4\pi R_Z^2 \sigma T_{Z1}^4.$$

Medzinárodná experimentálna fyzikálna olympiáda

Ľubomír Konrád

Gymnázium, Veľká okružná 22, 010 01 Žilina

Na prelome novembra a decembra 2017 sa v Bielorusku konal už 5. ročník Medzinárodnej experimentálnej fyzikálnej olympiády (IEPhO, [1]), ktorá si počas svojej existencie získala priazeň nielen medzi žiakmi stredných škôl z rôznych krajín sveta, ale aj medzi učiteľmi fyziky. O tejto súťaži sme písali v článku [2], ktorý bol venovaný rôznym fyzikálne orientovaným súťažiam pre mládež. Dnes by sme sa chceli viac zamerať na úlohy, ktoré sú na IEPHO predkladané žiakom. Jedná sa o niekoľko typov experimentálnych úloh. Väčšina z nich sa vyznačuje nápaditou myšlienkou a originálnou metódou merania. O jednej takej úlohe sme písali v článku [3]. Dnes by sme chceli predstaviť dve zaujímavé úlohy. V prvej z nich pracovali žiaci so štandardnými meracími prístrojmi a mali namerať určené závislosti medzi fyzikálnymi veličinami. Obsahom druhej úlohy je skúmanie optickej čiernej skrinky. Táto úloha je skvelým príkladom tvorivej problémovej úlohy a zároveň námetom, ako zostaviť nápaditú fyzikálnu úlohu s minimálnymi požiadavkami na vybavenie a pomôcky.

ÚLOHA 1: Rádioaktivita

Úvod

Rádioaktivita je schopnosť atómových jadier nestabilných izotopov samovoľne sa premieňať, pričom vysielajú ionizujúce žiarenie.

Na registráciu rádiácie sa v úlohe využíva rádiometer (obrázok), ktorý pozostáva z Geigerovho počítadla a počítadla impulzov. Pri prelete ionizujúceho žiarenia rúrkou počítadla vznikne v obvode počítadla elektrický impulz. Počítadlo zaregistruje tento impulz. Na displeji sa zobrazuje počet častíc, zaregistrovaných počítadlom od okamihu jeho zapnutia. Počítadlo sa vynuluje pomocou červeného tlačidla.

Časť 1. Meranie prirodzeného radiačného pozadia

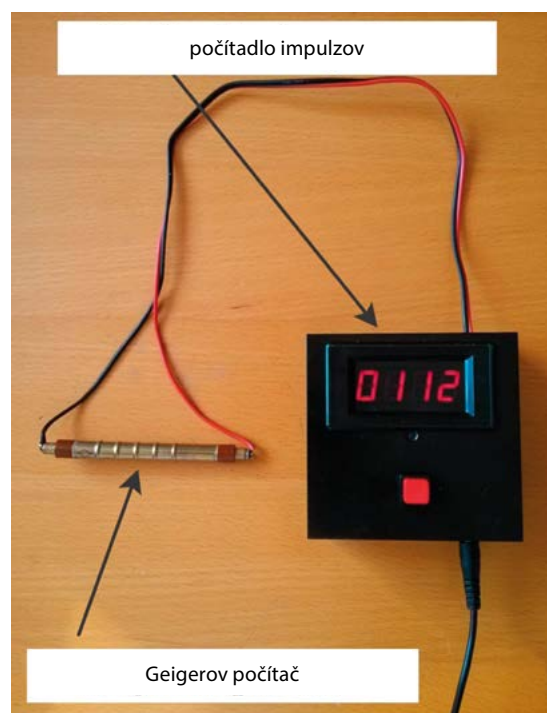
Pomôcky: rádiometer, stopky.

Prirodzené radiačné pozadie je ionizujúce žiarenie prirodzeného pôvodu. Je všade okolo nás, pretože ľubovoľná látka je do určitej miery rádioaktívna. Hlavnými zdrojmi tohto žiarenia sú vesmír, pôda, horniny.

Úloha

Odmerajte prirodzené radiačné pozadie. Ako jednotku merania použijete počet I_0 impulzov zaznamenaných počítadlom za 1 minútu. Odhadnite nepresnosť merania.

<http://ccf.fzu.cz>



Časť 2. Skúmanie pohlcovania β – žiarenia látkou

Pomôcky: rádiometer, zdroj β – žiarenia, 10 listov kartónu, stopky.

Ako zdroj β – žiarenia (prúd rýchlych elektrónov alebo β častíc) použijeme v tejto úlohe chlorid draselný (KCl) – prášok, ktorý sa používa v medicíne a agro-technike. Okrem stabilných (nerádioaktívnych) jadier draslíka sa v látke v nepatrnom množstve nachádzajú jadrá rádioaktívneho izotopu draslíka ^{40}K . V porovnaní so stabilnými jadrami je rádioaktívnych jadier v zdroji veľmi málo, rádovo 0,01 %.

Pri premene jadra ^{40}K sa uvoľňuje beta častica (elektrón).

Zdroj má tvar pravouhlého balíčka, vnútri ktorého sa nachádza rádioaktívna látka. Na pohlcovanie žiarenia budeme používať kartón.

Úlohy

1. Položte zdroj žiarenia na stôl. Prášok vnútri balíčka rozmiestnite tak, aby rovnomerne vyplňal celý objem balíčka. Na zdroj položte kartóny. Na kartóny položte rúrkou Geigerovho počítadla (mala by ležať približne v strede balíčka). Odmerajte závislosť

JARNÍ SOUSTŘEDĚNÍ FYKOSu 2018

Kateřina Rosická

Gymnázium J. Orteny, Jaselská 932, 284 80 Kutná Hora

Již tradiční jarní soustředění Fyzikálního korespondenčního semináře se letos odehrálo 3.–10. 4. v rekreačním středisku Zásoka poblíž Radostína nad Oslavou. Skupina třiceti nejúspěšnějších řešitelů se nyní stala tajnými agenty AF7 a ve stylu Jamese Bonda se snažili zabránit špionáži.

Kromě nepřeberného množství her a sportovního programu rovněž vyslechli mnoho zajímavých přednášek od organizátorů FYKOSu. Po úvodním testu matematických i fyzikálních znalostí byli středoškolá-



Společnými silami jsme zpětně rekonstruovali skartované dokumenty.

ci rozřazeni do čtyř skupin, ve kterých proběhl i úvodní kurz matematiky. V dalších přednáškách si již mohl každý vybrat ze široké palety přenášek z matematiky (Řešení diferenciálních rovnic, Úvod do komplexní analýzy), úvodů do jednotlivých partií fyziky (mechaniky nebo optiky), tak i pokročilých témat (Úvod do kvantové fyziky, Obecná teorie relativity). Novinkou letošního soustředění byla přednáška v angličtině na téma Particle Physics, přednášená organizátorem Filipem Ayazim studujícím na Cambridgi, která měla mezi účastníky velký úspěch.



Předváděly se zajímavé chemické pokusy.



Měření Planckovy konstanty pomocí LED diody.

Další novinkou letošního soustředění byly večerní dobrovolné přednášky na odborná i neodborná témata, ve kterých se účastníci mohli dozvědět o jaderných elektrárnách, vývoji astronomie, mohli využít jasné noci k základní orientaci na hvězdné obloze, ale také si zkusit kaligrafii či zjistit, jak se oblékat jako James Bond.

Jeden den soustředění byl tradičně věnován experimentům, které byly letos spíše konstrukčního rázu. V rámci tohoto dne si tak účastníci vyzkoušeli konstrukci solárních článků, výrobu přístroje camera obscura a následné vyvolávání fotografií, výrobu ra-



Vrcholem soustředění byla závěrečná vodní bitva.

daru z programovatelné stavebnice Arduino či vývoj vodíku pomocí elektrolýzy vody. Na závěr dne měli experimentátoři příležitost vyzkoušet si prezentovat své výsledky na konferenci před publikem i odbornou porotou složenou z organizátorů FYKOSu.

Kromě nepřeberných možností k rozšíření vlastních znalostí bylo soustředění rovněž výbornou příležitostí k navazování přátelství mezi vrstevníky s podobnými zájmy i příležitostí dozvědět se více o studiu na vysoké škole přímo od organizujících studentů Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy.

Science to Go!

aneb Když mladí vědci popularizují



David Píša

Oddělení kosmické fyziky ÚFA AVČR, Boční II 1401, Praha 4; dp@ufa.cas.cz

Rádi byste se někdy zeptali na něco ze současné vědy a výzkumu, ale myslíte si, že odpovědi nebudete rozumět? A proto raději mlčíte? Nemusíte být smutní – patříte k tiché většině.

Před více než pěti lety se skupina kamarádů a spolužáků z Matfyzu ocitla na druhé straně barikády. Došlo jim, že jejich přátelé, kamarádi nebo rodina se ostýchají zeptat se na to, co dotyční dělají. Dostali tedy nápad nečekat na otázky, ale hned na nevyřčené dotazy začít odpovídat formou jasnou i pro lidi s nevědeckým vzděláním. Vznikl koncept kratšího přednáškového pásma, kde se každý odborník zaměřil na svůj výzkum. To byla záruka, že bude mluvit o tom, čemu nejlépe rozumí. První akce proběhla na malé vsi, kdesi v Polabské nížině, pod názvem „Věda jede na vesnici“. Vystoupení v rodných místech výzkumníků též zajišťovala hojnou účast rodiny a kamarádů. Toto první vystoupení nedopadlo vůbec špatně, a tak se kamarádi rozhodli ve svém úsilí dále pokračovat.

Postupem času vznikla skupina převážně doktorandů a mladých vědeckých pracovníků z Akademie věd ČR, Matematicko-fyzikální fakulty UK, Univerzity Palackého v Olomouci a dalších institucí, vystupujících pod názvem *Science to Go!* Činnost projektu spočívá v propojení vědců (v současné době více než čtyřicet přenášejících), hostujících institucí (převážně knihovny) a široké veřejnosti. Zaměřuje se především na představení mladých začínajících vědeckých pracovníků z přírodních, technických i lékařských oborů laické veřejnosti. Zároveň se snaží co nejvíce přiblížit vědu lidem tím, že přednášející jsou schopni zprostředkovat akci prakticky kdekoli, dorazit za samotnými posluchači



Obr. 2 Vystoupení Science to Go! z 10. 4. 2018 ve Skautském institutu na „Staromáku“. Foto: www.skautskyinstitut.cz

i tam, kde se běžně vědecká vystoupení nekonají. Tato spíše myšlenka než projekt je stále nesena v „nadšenec-kém“ duchu bez jakéhokoli nároku na odměnu. Všichni přednášející vše dělají ve svém volném čase.

Po čtyřleté existenci má tento koncept za sebou více než třicet zorganizovaných vystoupení, při nichž přednášející navštívili větší i menší města v České republice. Nejčastěji jsou tato vystoupení ve formátu tří dvacetiminutových přednášek z různých vědních oborů. Vědci se zaměřují především na věci aktuální, nové a pro publikum přitažlivé. *Science to Go!* také pravidelně organizuje větší akce, na kterých vystupují již renomovaní vědci. Největším úspěchem byla přednáška profesora Podolského (MFF UK) o pozorování gravitačních vln v Městské knihovně v Praze, kterou navštívilo téměř čtyři sta posluchačů (obr. 1). Za zmínku také stojí zajímavé pokusy z termodynamiky pro malé posluchače prezentované profesorem Chvostou (MFF UK) nebo přednáška profesora Kulhánka (FEL ČVUT) o největších fyzikálních objevech a omylech 21. století. V současné době má *Science to Go!* pravidelná vystoupení ve Vědecké knihovně v Olomouci a Skautském institutu na Staroměstském náměstí v Praze (obr. 2).

Členové *Science to Go!* by rádi svoji popularizační činnost dále rozvíjeli. S důrazem na dlouhodobější udržitelnost projektu by organizátoři chtěli aktivitu lépe propagovat (webové stránky, sociální média) a také jednotlivá vystoupení přednášejícím finančně kompenzovat. Myšlenka *Science to Go!* je otevřená všem. Pokud byste rádi slyšeli nějaká zajímavá vystoupení o současném výzkumu nebo máte zájem sami v rámci projektu vystupovat, určitě se organizátorům ozvěte. Více na www.sciencetogo.cz.



Obr. 1 Vystoupení profesora Podolského (MFF UK) v Městské knihovně v Praze k příležitosti potvrzení gravitačních vln. Foto: www.sciencetogo.cz

Academia Film Olomouc inspirující

Reportáž z jednoho dne na festivalu AFO, který přinesl spoustu fyzikální inspirace

Jan Valenta

Katedra chemické fyziky a optiky, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova; jan.valenta@mff.cuni.cz

Academia film Olomouc (AFO, www.afo.cz) je prestižní mezinárodní festival naučných filmů s podivuhodnou tradicí – letos se konal již 53. ročník! Festival se odehrál v týdnu od 23. do 29. dubna 2018 a představil kromě mnoha (paralelních) projekcí také besedy, hudební a divadelní představení, tvůrčí dílny apod. (celkový počet filmů překročil dvě stovky, počet hostů tři sta, při téměř šesti tisících akreditovaných diváků). Ve stejné době se v Olomouci konala i významná konference o organizaci vědy Research Excellence Summit Times Higher Education (24.–26. 4.).

Úvodem své „reportáže“ přiznám, že nejsem člověk festivalový a po dvou hodinách sledování filmu bývám saturován (někdy i mnohem dříve, dle kvality díla). K návštěvě AFO mě tedy nemohla nalákat představa „konzumace“ jednoho filmu za druhým, ale spíše zvědavost, jak funguje prestižní festival a jak se dělají úspěšné populárně-vědecké filmy. Mé pokusy s tvorbou filmů (Super 8, blahé paměti) a videí (digitální zrcadlovkou) sice zůstaly na amatérské úrovni, ale v hloubi duše hlodá pokušení zkusit něco náročnějšího a fyzikálně odborného. Motivací k návštěvě AFO tedy

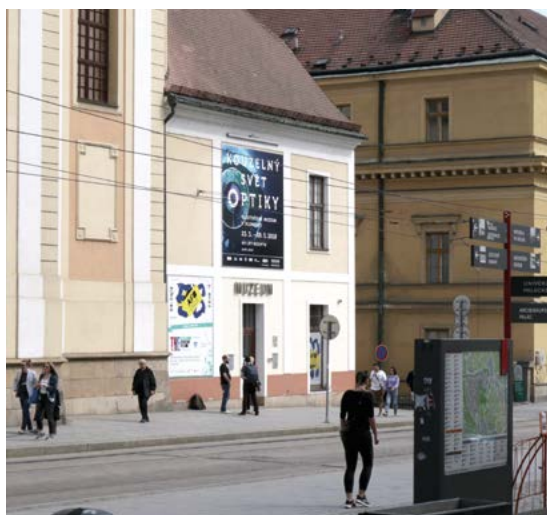


Pavel Suchan uvádí kanadský film Lights Out!

byla především zvědavost a neustálá potřeba inspirace. Pracovní povinnosti během semestru mi však umožnily věnovat festivalu pouze jeden den, a to sobotu. Příprava byla pečlivá, ale docela snadná díky výtečnému systému on-line rezervací. Z fyzikálního hlediska zajímavé body programu jsem vybral tak, aby dobře navazovaly. Nebylo to tak těžké, jelikož témata letošního AFO jako závislosti, šílenství, oceány, postavení žen ve společnosti atd. neobsahovala vyložení fyzikální téma, snad jen vulkány patří z velké části do fyziky.

Brzké ranní vstávání, cesta vlakem (kdy by byl celkem klid na práci, nebýt skupiny spartánských fanoušků jedoucích na Baník), akreditace a cesta do vlastivědného muzea na první přednášku proběhly hladce. Prvním bodem mého programu byl kanadský film *Lights Out!* s úvodním slovem a následnou diskusí v podání Pavla Suchana. Po uvedení tohoto jména většina čtenářů už ví, že se jednalo o téma světelného znečištění (či smogu? – bohužel žádný český termín nepokrývá celou problematiku; já bych navrhl třeba „zbytečné a obtěžující osvětlení“).

Film samotný se týkal především zdravotních důsledků světelného smogu. Jak bylo objeveno v nedávné době, je náš biorytmus nastavován částí gangliových (nervových) buněk na sítnici (označení ipRGC), které obsahují barvivo melanopsin reagující na modré (a méně na zelené) světlo, které projde do oka. Tím se



Jedno z míst festivalu: Vlastivědné muzeum.

Recenze knih

FILIP GRYGAR

Komplementární myšlení Nielse Bohra v kontextu fyziky, filosofie a biologie

Pavel Mervart 2014

ISBN 978-80-7465-113-7, cena: 439 Kč

V letech 2012 a 2013 si světová i česká veřejnost připomněla 50 let od úmrtí a 100 let od vzniku modelu atomu Nielse Henrika Davida Bohra (7. 10. 1885 – 18. 11. 1962). Dánský vědec, nositel Nobelovy ceny za fyziku a řady mezinárodních ocenění, byl interdisciplinárním myslitelem, jenž se ve svých příspěvcích zabýval kromě fyziky také biologií, filosofií, psychologií nebo teologií. K tomu Bohr svoje komplementární myšlení srovnával s koperníkovským obratem. V českém jazyce ovšem doposud neexistovala jediná publikace, která by se zaměřovala právě na tohoto myslitele.

Kniha Filipa Grygara *Komplementární myšlení Nielse Bohra v kontextu fyziky, filosofie a biologie* je první ucelenou publikací zaplňující „bohrovské vakuum“ v naší zemi. Svým rozsahem 432 stran jde o objemnou publikaci pojednávající o různých aspektech Bohrova vědeckého života a díla včetně dalších dějinných a kulturních kontextů, které jsou spjaté s jeho prací nebo vývojem kvantové teorie. Ačkoliv takto široký záměr nelze pochopitelně ve všem důsledně vyčerpat či uchopit, je to právě tato škála témat, která Grygarovi umožnila dosvědčit hloubku Bohrova komplementárního způsobu myšlení. To lze totiž vystopovat už v jeho mládí. A byl to právě tento styl myšlení, který Bohrovi mimo jiné umožnil vytvořit nový model atomu, který se netýká, jak se často uvádí, pouze atomu vodíku. Jeho práce *O konstituci atomů a molekul* z roku 1913 (založená záměrně na neslučitelných představách) je vrcholem vědecké obecnosti a komplexnosti.

Grygarova kniha je rozdělena na dvě části. První část sestává ze čtyř kapitol. První kapitola se zaměřuje na vliv rodinného a kulturního prostředí při utváření Bohrova vztahu k interdisciplinárním a přírodovědným otázkám. Ty se netýkaly, jak bychom předpokládali ze školní výchovy, jen bezduchých atomů či hmoty, ale také živé přírody. Z uvedeného důvodu se druhá kapitola v rámci dějinně-filosofického nástupu pokouší shrnout stěžejní spor mezi mechanistickými a vitalistickými či teleologickými představami o živé přírodě. S těmito neslučitelnými názory na živou (organickou) přírodu se Bohr seznámil díky interdisciplinárním diskusím, které vedl jeho otec Christian Bohr (experimentální fyziolog) se svými přáteli z odlišných oborů (1. kapitola) a které se pak Niels v dospělosti snažil vyřešit prostřednictvím komplementarity (6. podkapitola 3. kapitoly). Následující třetí kapitola pojednává o vědeckém příspěvku Nielse Bohra už na poli neživé (anorganické) přírody, resp. o zásadní roli, již sehrál při střetu mezi tzv. klasikou fyzikou a nově se rodící kvantovou teorií. Závěrečná část této kapitoly poté vrcholí analýzou Bohrovy ideje komplementarity a jejího využití i mimo oblast kvantové teorie. V poslední, čtvrté kapitole se vyjma příspěvků k nukleární fyzice můžeme seznámit s Bohrem jako ředitelem Fyzikálního institutu ve třicátých letech 20. století a atmosférou „kodaňského ducha“ (filosofické diskuse, kolegiální klukoviny

nebo také přesměrování institutu na experimentální biologii z důvodu změny priorit Rockefellerovy nadace). Kromě vědeckého a filosofického působení se nám zde otevírá také pohled na působení filantropické či občanské, kdy Bohr například pomohl řadě židovských uprchlíků z nacistického Německa nebo prosazoval svoji politickou koncepci *Open World*.

Celkovým záměrem knihy je vystihnout Bohrovo komplementární myšlení, jež je úzce propojeno s jeho pojetím fenoménu a jazyka. Byl to právě filosofický či epistemologický rámec komplementarity, který mu v kvantové teorii umožnil interpretovat třeba korpuskulárně-vlnový dualismus světla a hmoty či vylučnost prostoro-časové souřadnice a požadavku kauzality (3. kapitola) nebo pojmut striktně mechanistický a současně neslučitelný teleologický či finalistický přístup v porozumění živé přírodě (4. kapitola). Druhá část knihy tu první pak vhodně doplňuje o překlady šesti textů Nielse Bohra k otázkám biologie z let 1933–1962. Tyto články vycházejí z toho, čemu Bohr říkal epistemologická (obecná, filosofická) lekce kvantové teorie, již kromě jiného aplikoval na možnosti komplexního porozumění živé přírodě či života.

Filip Grygar se svou knihou snaží napravit naše (ne)znalosti o důležité osobnosti moderních dějin. Jeho kniha však podle jeho vlastních slov není koncipována jako klasický vědecký životopis nebo dějiny oboru. Jako metodického nástroje užívá totiž fenomenologii Edmunda Husserla a Martina Heideggera. Svými interpretacemi, závěry a souvislostmi jde tak o novum i na poli mezinárodním. Už uvedeným mottem od samotného Bohra nás chce „inspirovat k hlubokému porozumění jednoty, která je východiskem pro všechnu lidskou touhu po vědění, bez ohledu na to, zda je jeho hladina manifestována skrze tak široce odlišné lidské prostředky, jakými jsou biologie, fyzika, filologie a filosofie“. K tomu jistě přispěje i fakt, že autor knihy obdržel Cenu Josefa Hlávky za vědeckou literaturu v oblasti věd o neživé přírodě (za rok 2014) a Rada vlády pro výzkum, vývoj a inovace knihu zařadila mezi excelentní výsledky vědy (za rok 2015).

Patrik Čermák

Fakulta chemicko-technologická
a Fakulta filozofická Univerzity
Pardubice, Studentská 95, 532 10 Pardubice

