

4 / 2022
SVAZEK 72

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS **PRO FYZIKU**®

• OPTIKA DUHY A OVLÁDÁNÍ SVĚTLA • ZROZENÍ Li^+ -IONTOVÉ BATERIE •
POLOVODIČOVÉ LASERY • HUSTOTA NA NĚKOLIK FYZIKÁLNÍCH ZPŮSOBŮ •
HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETR HANKA • 20. SJEZD JČMF • TAUC 100 •



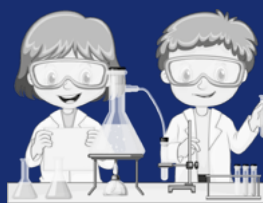
NOC VĚDCŮ

v Ústavu fyzikální chemie
J. Heyrovského AV ČR

30. září 2022
od 18 hodin

Dolejškova 3, Praha 8

- chemické pokusy pro děti
- nanomateriály pod mikroskopem
- prohlídka laboratoří
- výstava astronomických fotografií
- filmy, hudba, chutě a vůně...



Poznej fyzikální chemii všemi smysly!

Energetická olympiáda:

BUDOUCNOST VOLA!

**Postav tým, vyhraj
50 tisíc a dostaň se
na VŠ bez přijímaček**



REGISTRACE
OD 1. 8. 2022

VZDĚLÁVACÍ
SOUTĚŽ PRO
STUDENTY SŠ
A GYMNÁZIÍ



Generální partner:



Odborný garant:



Mediační partner:



Pod záštitou Ministerstva školství
mládeže a tělovýchovy



ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU 4/2022

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: srpen 2022.

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,
of the Czech Academy of Sciences

Vedoucí redaktor – Editor-in-Chief:
Jan Valenta

Výkonná redaktorka:
Jana Žďárská

Redakční kruh – Editorial Board:
Jaroslav Bělčík, Ivo Čáp, Stanislav Daniš,
Miroslav Dočkal, Ivan Gregora, Libor Juha,
Petr Kácovský, Eva Klimešová, Ivana
Kolmašová, Jan Kříž, Martin Ledinský,
Jan Mlynář, Jana Musilová, Karel Výborný,
Ivan Zahradník, Peter Zamarovský

Sekretariát redakce:
Ondra M. Šípek
Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.
Na Slovance 2, 182 21 Praha 8
tel.: +420 266 052 152
e-mail: cscasfyz@fzu.cz

Propagace, inzertní oddělení:
Jana Žďárská
e-mail: zdarskaj@fzu.cz

Jazyková úprava:
Stanislava Burešová, Naďa Mrkvýková

Vedoucí výroby a grafik:
© Jiří Kolář

Tisk: Grafotechna plus, s. r. o.

Cena jednoho výtisku je 85 Kč.
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 © 2022 Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.

Web: <https://ccf.fzu.cz>
Facebook: @ccf.fzu.cz
Twitter: @profyziku



Úvodník

Příležitost dělá predátora



V našem malém vědeckém rybníčku proběhlo během minulého akademického roku několik vln prohlášení různých vědeckých rad varujících koupající se akademiky před nebezpečnými predátory, kteří se chystají slupnout články, jež z vědců odpadávají. Predátory ovšem neláká vědecké poznání, nýbrž mají záslusk na měšce se zlaťáky, které jsou k článkům přivázány. Penízky „schlamstnou“ a článek vystaví s pečeti MDPI nebo Hindawi aj., čímž se na něj snese prokletí, které nelze odčarovat, protože tohle není žádná pohádka.

Termín „predátorský časopis“ (PČ) stvořil knihovník Jeffrey Beall, autor prvního seznamu PČ z roku 2010 a hlavně klíče k rozpoznání predátorů.¹ Přílehlavější by možná bylo označení parazitické časopisy, ale to by neznělo tak nebezpečně. Rozeberme trochu případ MDPI, jelikož s ním mám již zkušenosti: byl jsem minoritním spoluautorem dvou článků (po jednom v Nanomaterials, IF = 5,72, a Photonics, IF = 2,54)². V obou případech probíhalo recenzní řízení vzorně, byly dva nebo tři pečlivé posudky i kontrola revize, vše bez velkých zdržení. Tím jsem se však dostal na mailing list MDPI a začal jsem dostávat časté výzvy stát se guest editorem tematických čísel nebo členem editorial board. Nakonec jsem svolil být jedním z velkého množství členů redakční rady Nanomaterials, abych zjistil, jak časopis funguje (po roce jsem pak požádal o ukončení a celkem bez obtíží mě vymazali). Hodně dominantním znakem vnitřního fungování byl tlak na členy, aby editovali speciální tematická čísla. Zde je zřejmě cesta, jak propašovat k publikaci i špatné články, pokud guest editor neodvede poctivou práci – ale to se stává i zavedeným vydavatelstvím (Elsevier). Jednou za rok byl také on-line meeting editorů, kde se řešilo, co vylepšit. Opět se neobjevilo nic nekorektního. MDPI přesně ví, co autoři chtějí a jak jim vyhovět a přitom maximalizovat svůj zisk. Nakonec, když zkusím konfrontovat Bealova kritéria s mými zkušenostmi s MDPI, tak pouhé čtyři z více než 50 bodů jsou splněny.

Tímto popisem zkušeností jsem nechtěl obhajovat MDPI – některé jejich časopisy s nepoctivými editory se nejspíš blíží predátorům. Jen jsem chtěl poukázat, že problém je mnohem složitější a zjednodušená vyhlášení vědeckých rad nemají velký smysl. Existují totiž i prestižní časopisy (s platbami autorů za open access – OA) slavných nakladatelství, třeba Scientific Reports

u Springer Nature, kde lze často nalézt opravdu „podivné“ články. Nebo někdy narazíte na evidentní obcházení peer-review. Před 11 lety se mi stalo, že jsem po zaslání svého článku do „prestižních“ Nano Letters celý měsíc nedostal žádnou zprávu (ani o vyřazení při preselekcii, ani o postupu k recenzi), až najednou přišel velmi stručný e-mail, že byl článek přijat – žádná zmínka o recenzích. Domnívám se, že to tehdy zastupce šéfredaktora Charles Lieber (ano, ten, co byl odsouzen kvůli zatajované spolupráci s čínskou univerzitou) posuzoval sám, neboť se jednalo o „jeho“ téma nanodrátků. Nebo kolikrát už jste dostali „recenzi“, ze které číší recenzentův odpor, bez snahy konstruktivně článek posoudit, protože „téma je nezajímavé a autoři používají zastalé postupy a vůbec nestojí za důkladnější pročtení“ – to by editoři měli vyřazovat.

Efektivní řešení problému PČ by muselo cílit na samotnou příčinu vzniku fenoménu PČ, to jest přímou platbu autorů vydavateli za publikaci OA. Teprve s objevením tohoto způsobu publikování, někdy kolem roku 2008, se začali predátoři rodit a množit. Pokušení přijmout více a více článků, občas si ušetřit recenzní a editor-skou práci a takto optimalizovat zisky je velké i pro dříve slušně vedené časopisy. Já tvrdím, že když už byly – kvůli zbytečné překotné tlaku na přechod k OA – nabourány klasické způsoby placení časopisů přes předplatné, mělo by se přejít na tzv. platinový otevřený přístup. Při něm autor ani čtenář neplatí a vydavatel dostává za svou službu finance přes instituce, granty, sponzory atd. To by prakticky eliminovalo predátory, neboť by korektní recenzní postupy i „rozumný“ rozpočet byly pod veřejnou kontrolou. Pár platinových vláštvek v publikačním prostoru už létá³; já mám dobrou zkušenost s Beilstein J. Nanotech. – tento vydavatelský dům OA časopisy sponzoruje ze svých komerčně úspěšných aktivit.

Současný stav vědeckého publikování je skutečně velmi špatný a těžší z toho komerční nakladatelství, která rafinovanými hybridními schémata odsávají veřejné peníze určené na výzkum. Co s tím? Dostal jsem takový ztřeštěný nápad. Pojdme zkusit oživit bývalý modrý časopis Czechoslovak J. Phys., třeba pod názvem Blue Physical Journal, a provozovat jej v módu platinového OA. Dalo by se to ufinancovat? Byla by podpora vědecké komunity?

Zatím o tom budu snít.

Jan Valenta

¹ <https://beallist.net/wp-content/uploads/2019/12/criteria-2015.pdf>

² IF = impaktní faktor časopisu.

³ Nedávná studie uvádí 350 časopisů, ale obsahuje chyby. <https://doi.org/10.3390/knowledge2020013>

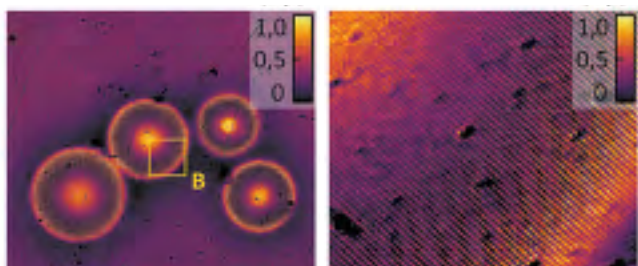
Obsah

REFERÁTY

Optika duhy a pokročilé ovládání světla 258

Analogie vzniku světelných vírů v anizotropních nanostrukturách a vodních kapkách

Petr Bouchal, Zdeněk Bouchal



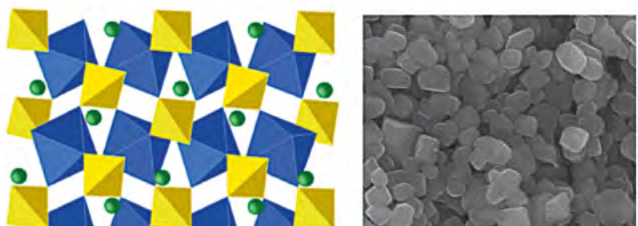
NOBELOVSKÉ PŘEDNÁŠKY – CHEMIE 2019

Nobelova cena za chemii pro rok 2019: Dobíjecí lithioiontové baterie 265

Tisková zpráva Královské švédské akademie věd

Zrození lithiové baterie 267

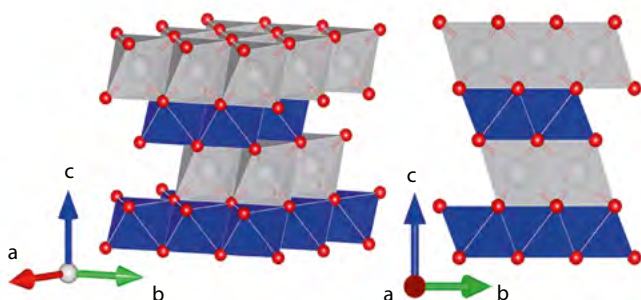
M. Stanley Whittingham



NOBELOVSKÉ PŘEDNÁŠKY – CHEMIE 2019

Cesta k objevu vhodných materiálů pro katodu dobíjecí Li⁺-ion baterie 276

John B. Goodenough



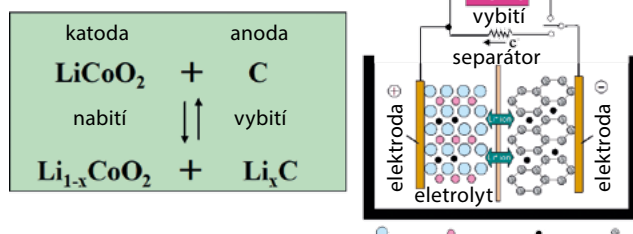
NOBELOVSKÉ PŘEDNÁŠKY – CHEMIE 2019

Stručná historie a budoucnost lithioiontových baterií 281

Akira Jošino

elektrochemická reakce

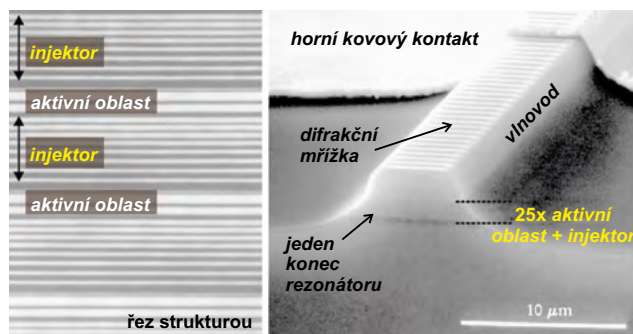
schéma baterie



ZKRATKA

Polovodičové lasery – nejmenší, nepočtenější a neúčinnější 287

Eduard Hulicius, Jan Valenta



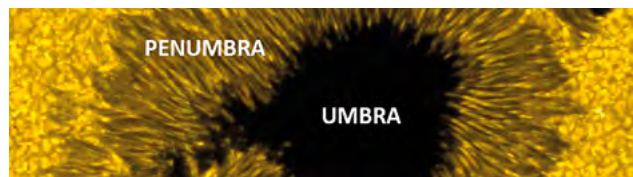
FYZIKÁLNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

Hustota na několik fyzikálních způsobů 294

Vojtěch Žák

Hisako Kojama – život a dílo pozorovatelky slunečních skvrn 298

David Omrai



ZPRÁVY

Hmotnostní spektrometr HANKA 302

Světově unikátní spektrometr s vysokým rozlišením, určený pro analýzy vesmírných částic

Jana Žďárská

Využití atmosférických reanalýz pro odhady budoucího vývoje klimatu 304

Posouzení schopnosti současných reanalýz simulovat srážky v letních měsících s využitím adjustovaných radarových srážkových odhadů

Jana Žďárská

ZPRÁVY

Dvacátý sjezd Jednoty českých matematiků a fyziků 306

a předávání Cen Milana Odehnala České fyzikální společnosti

Jan Valenta



ZPRÁVY

Týden vědy na FJFI ČVUT 310

Jana Žďárská



Současná česká astronomická fotografie 312

Jana Žďárská

ROZHOVOR

Vesmírné a nadčasové otázky vědy 314

s Jiřím Podolským o vzdělávání i bádání na poli astronomie a fyziky

Jiří Podolský, Jana Žďárská



LIDÉ A FYZIKA

Jan Tauc – autobiografické poznámky 330

ed. Jan Valenta



RECENZE

Greenova fyzikální meditace 339

Brian Greene: *Až do konce času. Vědomí, hmota a naše hledání smyslu ve vesmíru*

Miroslav Dočkal



Obrázek na obálce:

Sonda Solar Orbiter (ESA/NASA) poprvé prolétla 26. března 2022 svým periheliem, kdy se ocitla nejbližší Slunci – přibližně ve třetině vzdálenosti Země od Slunce (blíže než Merkur). Představený obrázek sonda získala rentgenovým detektorem na vlnové délce 17 nm. Barva je tedy uměle vybrána, aby evokovala pocit teplého Slunce. Zařazení snímku je volně inspirováno článkem o japonské pozorovatelce slunečních skvrn (str. 298–301). Kredit: ESA & NASA, Solar Orbiter, EUI Team

Optika duhy a pokročilé ovládání světla

Analogie vzniku světelných vírů v anizotropních nanostrukturách a vodních kapkách

Petr Bouchal^{1,2}, Zdeněk Bouchal³

¹ Ústav fyzikálního inženýrství, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2, 616 69 Brno

² Středoevropský technologický institut, Vysoké učení technické v Brně, Purkyňova 656/123, 612 00 Brno

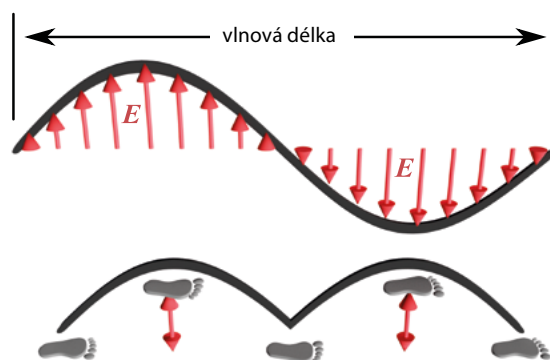
³ Katedra optiky, Univerzita Palackého v Olomouci, 17. listopadu 1192/12, 771 46 Olomouc

Duha je působivým atmosférickým úkazem, přitahujícím člověka od nepaměti. Starověké civilizace jí přisuzovaly nadpozemský význam a její fyzikální podstatu zkoumaly celé generace optiků. Nedávné odhalení spojitosti mezi formováním duhy a vznikem „zkrouceného“ světla, známého jako světelný vír, bylo proto mimořádně překvapivé. Následný výzkum prokázal přímou analogii mezi efekty, ke kterým dochází ve vodních kapkách a metamateriálech užívaných v pokročilých technologiích.

Náš příspěvek názorným způsobem objasňuje, jak materiály s prostorově proměnnou anizotropií ovládají světlo změnou geometrické (Pancharatnamovy–Berryho) fáze. Spojitost tohoto mechanismu s optikou duhy prokazujeme kvantitativním fázovým zobrazením duhy vytvořeným s přispěním tisíců padajících vodních kapek a demonstrací světelných vírů vznikajících v dielektrických mikrosférách.

Tradiční a pokročilé metody ovládání světla

Světlo je elektromagnetické záření, u kterého časová změna magnetického pole mění prostorové rozložení pole elektrického a naopak. V optice většinou zaměřujeme pozornost na elektrickou intenzitu E , která je vektorovou veličinou a poskytuje významné informace o *polarizaci*, *optické intenzitě* a *fázi* světla. Elektrická intenzita osciluje s vysokou frekvencí. Přímou detekci nelze určit její okamžitou hodnotu, ale jen veličinu související s amplitudou kmitů, tedy optickou intenzitou. Pro ovládání světla je důležitá jeho *fáze*, která je určena *fází kmitu* (okamžitou výchylkou) elektrické intenzity. *Vlnoplocha* světelné vlny představuje fázovou plochu, v jejíchž bodech má světlo stejnou fázi kmitu. V moderních technologiích při ovládání světla sehrává významnou roli jeho polarizace. U polarizovaného světla se koncový bod vektoru elektrické intenzity pohybuje po dobře definované trajektorii, která je v obecném případě eliptická a za vhodných podmínek kruhová. Podle směru oběhu pak rozeznáváme *pravotočivou* nebo *levotočivou kruhovou polarizaci* (PKP nebo LKP). Pokud je trajektorie přímočará, jde o *lineární polarizaci* (LP). Pro objasnění tradičních metod ovládání světla a pochopení přínosu nových technologií je nutné odlišit *dynamickou fázi* světla od *geometrické fáze*, kterou ve fyzice zavedli a rozpracovali Pancharatnam a Berry [1, 2].



Obr. 1 Analogie mezi fází kmitu elektrické intenzity a fází kroku chodce: výchylka elektrické intenzity odpovídá poloze chodidla nad zemí, vlnová délka zahrnuje délku kroku pravou a levou nohou.

Diskuse bude názornější, když si oscilace elektrické intenzity představíme jako kroky chodce. Okamžitá výchylka (fáze kmitu) vektoru E potom odpovídá poloze chodidla nad zemí (fázi kroku), jak znázorňuje obr. 1. Představme si nyní chodce, kteří postupují v řadě se srovnáním krokem (obr. 2a). Když vstoupí do těžkého terénu, budou postupovat pomaleji. Frekvence jejich kroků zůstane zachována, ale zkrátí se délka kroku. Pokud chodci v tomto terénu projdou úseky rozdílné délky, fáze jejich kroků nebude navzájem srovnaná. Místa se stejnou fází kroku už nebudou odpovídat vy-

Nobelova cena za chemii pro rok 2019: Dobíjecí lithioiontové baterie¹

Tisková zpráva Královské švédské akademie věd²

Královská švédská akademie věd se rozhodla udělit Nobelovu cenu za chemii pro rok 2019 Johnu B. Goodneoughovi, M. Stanleyemu Whittinghamovi a Akiru Jošinovi za vývoj lithioiontové baterie.

Nobelova cena za chemii 2019 ocenila vývoj lithioiontové baterie. Tato lehká, nabíjitelná a výkonná baterie je dnes používána v mnoha zařízeních od mobilních telefonů přes přenosné počítače až po elektrické automobily. Tyto baterie mohou též uskladnit významné množství energie ze solárních a větrných elektráren, čímž umožní vznik společnosti nevyužívající fosilní paliva.

¹ Přeloženo se souhlasem ze zprávy na <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2019/summary/>

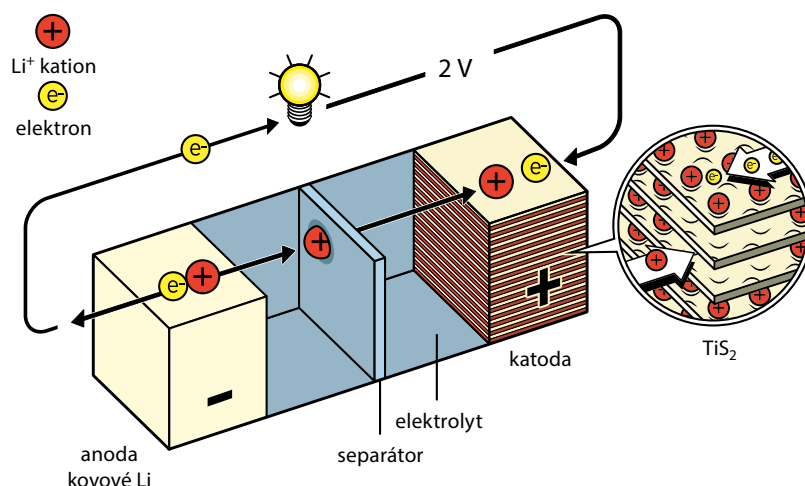
² Pozn. redakce: Pravidelní čtenáři Čs. čas. fyz. si jistě povšimli, že obvyklé překlady nobelovských přednášek, které vycházely zhruba rok po přednesení (při udělení NC v prosinci roku x vyšly překlady v prvním čísle – tj. v únoru – roku $x+2$) se v posledních dvou letech nějak vytratily. Není to tím, že bychom na ně zapomněli nebo o ně ztratili zájem, ale tím, že skutečně vycházejí s velkým zpožděním nebo vůbec. Fyzikální přednášky obvykle vycházely v časopise *Review of Modern Physics* zhruba v říjnu následujícího roku po přednesení. Takže byl čas k jejich překladu a korekturám do uzavěrky prvního čísla na přelomu roku. V době covidové se pravidelný rytmus zadrhnul – např. ze tří přednášek NC za fyziku v prosinci 2020 nedávno (v půlce června 2022) vyšla jen jediná od Reinharda Genzela (přednášky R. Penrose a A. Ghez nejsou zatím ani mezi přijatými články). Rozhodli jsme se tedy využít i fyzikálně relevantní

Vývoj lithioiontové baterie začal v době ropné krize v 70. letech 20. století. **Stanley Whittingham** tehdy pracoval na vývoji materiálů pro energetické technologie nevyužívající fosilní paliva. Začal studiem supravodičů a objevil přitom materiály umožňující ukládání energie s velkou hustotou, které mohly být použity jako katody v lithiových bateriích. Tyto materiály byly založeny na sulfidu titaničitém, který má strukturu, jež může přijmout – interkalovat³ – lithiové ionty (obr. 1).

přednášky NC za chemii. Tyto obvykle vycházejí v časopise *Angewandte Chemie International Edition*. Ovšem zde je nepravidelnost ještě větší. Poslední nobelovské přednášky zde uveřejněné jsou z roku 2018. Redakce Čs. čas. fyz. dlouho čekala, kdy se objeví přednášky z roku 2019, které se týkají zásadního tématu Li-Ion baterií. Nakonec jsme se rozhodli přeložit texty, které se nedávno objevily přímo na stránce [nobelprize.org](https://www.nobelprize.org). A to přesto, že tyto texty evidentně nedosahují standardu mezinárodních časopisů, obsahují některé nepřesnosti – zkrátka neprošli pečlivým recenzním řízením. Chybějící recenzní řízení a opravy jsme se pokusili zajistit sami.

³ Pozn. red.: Zlatá kniha IUPAC (<https://goldbook.iupac.org/>) popisuje interkalaci jako vložení určité molekuly nebo iontu do laminární struktury hostující látky (krystalické, amorfni či polymerní) bez vzniku kovalentní vazby.

Obr. 1 Whittinghamova Li-Ion baterie s anodou z kovového lithia a katodou z TiS_2 .
© Johan Jarnestad / The Royal Swedish Academy of Sciences



Nobelova cena
za chemii 2019



Zrození lithiové baterie

M. Stanley Whittingham

Binghamton University, Binghamton, NY, USA

Jak uvedla Královská švédská akademie věd: „Lithioiontové baterie způsobily od roku 1991, kdy byly uvedeny na trh, revoluci našeho způsobu života. Tvoří základ společnosti využívající bezdrátové technologie a omezující spotřebu fosilních paliv a jsou tak velkým přínosem pro lidstvo.“ Myšlenka na dobíjecí lithiové baterie vznikla roku 1972 v laboratořích společnosti Exxon, ve skupině studující vliv interkalujících donorů elektronů na supravodivost vrstevnatých sulfidů. Tato převratná myšlenka byla založena na fundamentálním pochopení reakcí v pevných látkách, zejména rychlého pohybu iontů uvnitř pevné látky. Objev rychlého transportu iontů v β -alumině a poptávka po smíšených (elektronově i iontově) vodivých pevných látkách s širokým rozsahem stechiometrie hrály klíčovou roli ve vývoji lithiové baterie. Všechny dnešní lithioiontové baterie využívají původní koncept interkalace použitý v sulfidu titaničitém TiS_2 . Stále ještě existuje mnoho technologických možností, jak zvýšit hustotu energie, kapacitu a životnost lithiových baterií.

Úvod

Alessandro Volta (1745–1827) sestavil první elektrochemický článek, známý jako Voltův sloup. Ukázku Voltova sloupu lze nalézt v chrámu postaveném na Voltovu počest na jižním konci jezera Como (obr. 1). Volta prezentoval svůj článek francouzsky před Královskou společností v Londýně roku 1800 [1]. O téměř 60 let později, v roce 1859, objevil Planté olověnou baterii, která dodnes představuje největší část trhu s bateriemi. Původní C-MnO_2 článek byl představen v roce 1866 Leclanchem a později vylepšen Urrym do podoby dnešních alkalických článků. Třetí typ, Ni-Cd, byl zkonstruován na konci 19. století v roce 1899 Jungerem. Ten byl hojně používán v přenosných zařízeních, ale dnes téměř zmizel z důvodu toxicity kadmia.

Počátek lithioiontové baterie je těsně spjat s objevem a výzkumem rychlého transportu iontů v pevných látkách. Zatímco Volta inicioval vývoj baterií, Michael Faraday (1791–1867) položil základy elektrochemie. Byl to také on, kdo poprvé oznámil objev iontové vodivosti v sulfidu stříbrném na počátku 19. století a předpověděl, že budou objeveny mnohé další iontové vodiče [2]:

„Při nízkých elektrických napětích Voltova sloupu jsem narazil na podivuhodný případ, který vykazuje opačný vliv tepla na vodivost než u kovů, jak pozoroval a popsal Sir Humphry Davy. ... Substance vykazující tento jev je sulfid stříbrný. ... Neznám žádnou jinou látku, která by se mohla ve vodivosti vyrovnat kovům při nízkém napětí a vysoké teplotě, ale při ochlazení by ztrácela (jako sulfid stříbrný) tuto schopnost, zatímco kovy při ochlazení zvyšují vodivost. Pravděpodobně se ovšem objeví další takové látky.“



Obr. 1 Voltův chrám v Como, Itálie.

Až o půl století později Walther Nernst (1864–1941), nositel Nobelovy ceny za chemii z roku 1920, využil vysokou pohyblivost kyslíkových iontů v yttriem stabilizovaném oxidu zirkoničitém $0,85 \cdot \text{ZrO}_2 : 0,15 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$ k vytvoření světelného zdroje [3]. Když prochází elektrický proud touto keramikou, dojde k jejímu zahřátí, až začne bělavě žhnout. To byl také první případ možného nekontrolovaného růstu teploty (runaway). Jelikož vodivost iontového vodiče roste s teplotou, nelze použít prosté připojení na zdroj, ale kontrolní systém musí být dosti složitý. Komerčně jej zavedl Westinghouse, ale byl využíván pouze v krátkém období 1900–13.



Obr. 2 (Vlevo) Schematické zobrazení barev wolframových bronzů. (Vpravo) Elektrochromické okénko letadla Boeing 787.

<https://ccf.fzu.cz>

Nobelova cena
za chemii 2019



Cesta k objevu vhodných materiálů pro katodu dobíjecí Li^+ -ion baterie

John B. Goodenough

Texaská univerzita v Austinu, Austin Texas, USA

Baterie ukládá elektrickou energii v podobě chemické energie ve dvou elektrodách – anodě a katodě, které jsou odděleny elektrolytem. Chemická reakce mezi elektrodami má iontovou a elektronovou složku. Roztok elektrolytu přenáší ionty mezi elektrodami uvnitř článku a nutí elektrony, aby prošly vnějším obvodem.

V opakovaně nabíjitelném článku (akumulátoru) je tato reakce vratná. Následující vyprávění je osobní příběh o tom, jak došlo k vývoji první prakticky použitelné katody pro lithioiontové akumulátory – LiCoO_2 – a o výzkumu, který následoval.

V 60. letech 20. století Jean Rouxel ve Francii a Robert Schroeder v Německu zkoumali chemii reverzibilního vložení lithia do Van der Waalsovy meze-ry ve vrstevnaté struktuře sulfidů přechodových kovů. V té době opakovaně nabíjitelné baterie používaly silně kyselé (H_2SO_4) nebo alkalické (KOH) vodné elektrolyty, které umožňovaly rychlou difuzi vodíkových iontů (H^+ , tedy protonů). Nejstabilnější články využívaly alkalický elektrolyt a vrstevnatý oxid-hydroxid niklitý (NiOOH) jako katodu, do níž lze opakovaně uložit protony, tvořící hydroxid Ni(OH)_2 . Ovšem vodný elektrolyt omezuje napětí článku a tím i hustotu elektrického výkonu, který může akumulátor poskytnout.

Roku 1967 Joseph Kummer a Neill Weber ze společnosti Ford Motor Company objevili rychlou difuzi sodíkových iontů při teplotách nad $300\text{ }^\circ\text{C}$ v keramickém elektrolytu a sestrojili dobíjecí baterii typu Na-S, kde anodu tvořil roztavený sodík a katodu uhlíková plst s roztavenou sírou. Jejich baterie byla nepraktická vzhledem k nutné pracovní teplotě nad $300\text{ }^\circ\text{C}$, ale stimulovala další výzkum pevnolátkových elektrolytů a alternativních návrhů baterií.

Já jsem tehdy pracoval v Lincolnově laboratoři MIT (Massachusetts Institute of Technology) a byl jsem pověřen úkolem sledovat vývoj tohoto typu baterie. To mě přivedlo k elektrochemii a vývoji lepších vodičů sodíkových iontů na bázi oxidů. Tak jsme s Henrym Hongem vyvinuli elektrolyt $\text{Na}_{1+x}\text{Zr}_2\text{Si}_x\text{P}_{3-x}\text{O}_{12}$, který měl pórovitou strukturu a umožňoval rychlé vedení sodíkových iontů. Získal pak přezdívku NASICON (NA SuperIonic CONductor) – to už bylo po mém odchodu na Oxfordskou univerzitu roku 1976.

Ropná krize v sedmdesátých letech odhalila zranitelnost americké společnosti kvůli (mimo jiné) její závislosti na importu ropy. To motivovalo výzkum



John B. Goodenough krátce poté, co obdržel svou Nobelovu cenu v Konserthuset ve Stockholmu 10. prosince 2019.

© Nobel Media. Foto: Alexander Mahmoud

solárních a větrných zdrojů energie. Avšak proměnlivost slunečního svitu a větru vyžaduje spojení těchto obnovitelných zdrojů energie s „uložištěm“ energie. Vznikla tak poptávka po elektrických akumulátorech.

Na Oxfordu jsem měl volnost volby výzkumného směru. Nejprve jsem si vybral dva primární cíle pro svůj výzkum: palivový článek metanol-vzduch a fotoelektrolýzu vody. První úkol vyžaduje jako elektrolyt pevnolátkový vodič protonu, který je zároveň izolátorem pro elektrony a může fungovat při teplotách kolem $300\text{ }^\circ\text{C}$, nebo anodu, která je chemicky stabilní v kyselém prostředí a katalyticky aktivní při oxidaci metanolu pod $80\text{ }^\circ\text{C}$. Brzy jsem zjistil, že dobré protonové vodivosti lze dosáhnout, pouze pokud je pevný elektrolyt vlhký – to znamená nutnost nepřekračovat teplotu $80\text{ }^\circ\text{C}$. Naše hledání použitelné anody pro tento palivový článek bylo neúspěšné, ale uvedlo mě do oblasti elektrochemie. Práce na elektrodě pro fotoelek-

Nobelova cena
za chemii 2019



Stručná historie a budoucnost lithioiontových baterií

Akira Jošino

Universita Meidži, Nagoja, Japonsko

1. Vývoj Li-Ion baterií

1.1. Co jsou to lithioiontové baterie?

Lithioiontové baterie (LIB) jsou opakovatelně nabíjí-
telné baterie (akumulátory), které jsou součástí mnoha
elektronických přístrojů používaných v každodenním
životě. Od roku 1991, kdy byly v Japonsku první ko-
merční LIB uvedeny na trh, roste jejich prodej rychle
a soustavně už téměř 30 let. LIB hrají zásadní úlohu při
vývoji přenosných elektronických zařízení, jako jsou
videokamery, mobilní telefony či notebooky. Dnes do-
chází k ohromnému rozvoji použití LIB v elektrických
automobilech a ve velkých úložištích energie. LIB také
umožňují větší zapojení obnovitelných zdrojů energie
do sítě zajištěním ukládání a vyvažování nerovnováhy
mezi výrobou a spotřebou energie. Proto se očekává,
že trh s LIB dosáhne roku 2020 asi 20 miliard američ-
kých dolarů.

Než začnu vyprávět příběh vývoje LIB, rád bych vy-
světlil, jak LIB funguje a čím se liší od jiných baterií.
Jak ukazuje tabulka 1, lze baterie rozdělit podle dvou
základních rysů; jsou buď jednorázové (primární člán-
ky), nebo znovunabíjíitelné (sekundární články) a jejich
elektrolyt je buď vodný, nebo bezvodý. Vodný elektro-
lyt je voda obsahující ionty, zatímco bezvodý elektrolyt
je organické rozpouštědlo obsahující ionty.

Suché manganové články a alkalické články jsou
nejčastěji používané pro malé elektrické spotřebiče,
jako jsou svítilny či hodiny. Jsou jednorázové a obsa-
hují vodný elektrolyt.¹ Olověné akumulátory, Ni-Cd
a Ni-MH (metal hydrid) baterie také pracují s vodným
elektrolytem, ale jsou nabíjíitelné. Olověné baterie se
snadno vyrábí a jsou běžně používány v automobilech.

Obecně se baterie charakterizují pomocí napětí
a kapacity. Kapacita baterie udává maximální množství

energie, které z ní může být za určitých specifických
podmínek získáno, a je určena množstvím aktivního
materiálu v ní obsaženého. Vyšší kapacita je, pochopi-
telně, lepší, ale u dané baterie se mění s časem, a pokud
je nabíjíitelná, tak také závisí na počtu cyklů nabití/vy-
bití a na způsobu nabíjení a vybíjení.

Baterie s vodným elektrolytem mají nevýhodu
v nižším napětí, které je principiálně omezeno na asi
1,5 V, tedy napětí, při kterém začíná docházet k elekt-
rolýze vody. Pro získání větší kapacity musíme vyrobit
větší baterii. Hustota uložené energie v baterii s vod-
ným elektrolytem je tedy principiálně omezena.

Na druhé straně, baterie s bezvodým elektrolytem
mohou dosáhnout napětí více než 3 V na článek, čímž
nabízejí velké možnosti zvyšování hustoty energie. Vý-
znamným příkladem je baterie s kovovým lithiem, pri-
mární baterie, která byla uvedena na trh již v době, kdy
jsem já začal výzkum LIB, tedy v roce 1981. Využívá
bezvodý elektrolyt a kovové lithium jako materiál ne-
gativní elektrody.

Je zřejmé, že baterie s bezvodým elektrolytem by
byly velmi žádoucí pro různé aplikace a hledaly se in-
tenzivně už v druhé polovině 70. let. Prof. M. Stanley
Whittingham navrhl pro katody využití elektroche-
mické interkalace v materiálech jako TiS_2 a výzkum
rychle postupoval [1]. Poptávka po nových bateriích
zásadně narostla s velkým pokrokem informačních
technologií a spotřební elektroniky počátkem 80. let.
Pro tyto aplikace bylo nutné získat menší a lehčí nabí-
jíitelné baterie.

Možnou cestou se zdálo být přetvoření primární ba-
terie s kovovým lithiem na sekundární baterii. Bohužel,
ani velké úsilí nevedlo k úspěchu, a to ze dvou hlavních
důvodů: 1) při nabíjení má lithium tendenci vylučovat
se na záporné elektrodě ve formě dendritů, což nako-
nec vede ke zkratu baterie, 2) velká chemická reaktivita
kovového lithia zhoršuje charakteristiky baterie, jako
je nedostatečná výdrž (počet cyklů vybití/nabití) způ-



Akira Jošino
© Nobel Media.
Foto: A. Mahmoud

Nobelova cena
za chemii 2019



¹ Pozn. red.: Článek ve skutečnosti využívá pastovitý elektro-
lyt s malým obsahem vody. Běžně používaný název „suchý
článek“ (dry cell) je tedy matoucí.

	Baterie s vodným elektrolytem	Baterie s bezvodým elektrolytem (vyšší napětí a větší kapacita)
Primární baterie (jednorázová)	suchý manganový článek, alkalický článek	článek s kovovým lithiem
Sekundární baterie (nabíjíitelná)	olověný akumulátor, Ni-Cd baterie, Ni-MH baterie	Li-Ion baterie

Tab. 1 Rozdělení baterií.

Polovodičové lasery – nejmenší, nejpočetnější a nejúčinnější

Eduard Hulicius¹, Jan Valenta²

¹Fyzikální ústav AV ČR, Cukrovarnická 10/112, 162 00 Praha 6; hulicius@fzu.cz

²Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova, Ke Karlovu 3, Praha 2; jan.valenta@mff.cuni.cz

1. LASER – stimulovaná emise světla

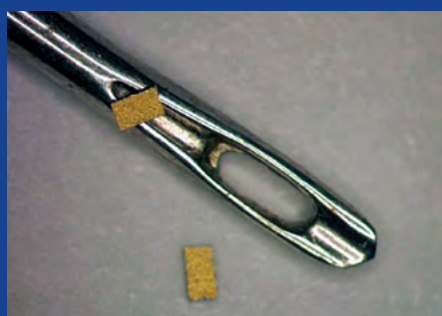
Jak samotná zkratka LASER (*Light-Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) říká, funkce laseru je založena na **stimulované emisi**. Základem laseru je **aktivní prostředí** (plynné, kapalně či pevnolátkové), které lze vhodným dodáním energie vybudit (excitovat) tak, že vznikne **inverzní obsazení** určitých energetických hladin (horní stav více obsazen než dolní). Pak ještě musíme zajistit **zpětnou vazbu pro fotony** – odrazit část zpět, tak aby se podílely na stimulování emise – to zajistí **optická dutina – rezonátor**.

Aktivní prostředí laseru charakterizujeme pomocí **optického zisku** g , což je záporně vzatý absorpční koeficient α . Optický zisk vyjadřuje exponenciální nárůst intenzity světla $I(\lambda)$ při průchodu vybuděným aktivním prostředím (je to obdoba Lambertova–Beerova zákona pro absorpci)

$$I(\lambda, d) = I_0(\lambda) e^{g(\lambda)d}, \quad (1)$$

kde $I_0(\lambda)$ je intenzita vstupujícího světla, d je vzdálenost, kterou paprsek urazí v aktivním prostředí, λ je vlnová délka světla (její uvedení v závorce za různými veličinami naznačuje, že jsou tyto veličiny (kromě d) spektrálně závislé). Ve skutečnosti vždy existují v laseru také ztráty, které můžeme charakterizovat **ztrátovým koeficientem** $K(\lambda)$. Místo g bychom pak v rovnici (1) měli použít **čistý optický zisk** $G(\lambda) = g(\lambda) - K(\lambda)$ [1].

Možné hodnoty optického zisku závisí na hustotě energetických stavů aktivního prostředí. Tabulka 1 ukazuje několik příkladů, které jasně dokumentují, že nejvyšší optický zisk poskytují pevné látky, jmenovitě polovodiče s přímým zakázaným pásem [2]. Díky tomu mohou polovodičové lasery (PL) mít velikost menší než mm (obr. 1).



Obr. 1 Na obrázku z optického mikroskopu je ouško menší krejčovské jehly a dva laserové čipy. Jedná se o klasickou AlGaAs/GaAs hranově emitující heterostrukturu s plošnými oboustrannými zlatými kontakty. Čipy jsou velké zhruba $200 \times 400 \times 80 \mu\text{m}$.
Foto: P. Hubík, FZÚ AVČR

2. Stimulovaná emise v polovodičích

Energetické schéma polovodičů můžeme za účelem jednoduchého výkladu optické absorpce a emise redukovat na energeticky nejvyšší obsazený pás energií (valenční pás) a nejnižší neobsazený pás (vodivostní pás) oddělené pásem bez energetických stavů – tzv. **pás zakázaných energií** E_g (či stručně zakázaný pás). V tzv. **přímých polovodičích** je toto minimum a maximum ve stejném

krystalickém směru (viz obr. 2) a může docházet k účinné absorpci fotonů vhodné energie – tím se jeden elektron vybudí a dostane se z valenčního do vodivostního pásu (prázdný stav ve valenčním pásu nazýváme díru), při zpětné rekombinaci elektronu a díry se může emitovat foton nebo generovat teplo (zářivá/nezářivá rekombinace). Podobně se dá vybudit polovodičová struktura také injekcí elektrického proudu p-n přechodem.

Při silném buzení se mohou obsadit stavy vodivostního pásu až do energie, kterou nazýváme **Fermiho hladina elektronů** F_e a ve valenčním pásu se vyprázdňují hladiny až do **Fermiho hladiny děr** F_d . Vzdálenost Fermiho hladin se nazývá **chemický potenciál** μ . Vzniká zde tedy inverzní populace stavů v pásu energií vymezeném chemickým potenciálem μ a šířkou zakázaného pásu¹ E_g a může zde probíhat stimulovaná emise, jak ukazuje simulované spektrum optického zisku GaAs na obr. 2b.

¹ Zakázaný pás zde má poněkud menší energii než v neexcitovaném polovodiči, mluvíme o redukovaném či renormalizovaném zakázaném pásu (označení čárkou) – při velmi silné excitaci dochází totiž k vícečásticovým efektům.

Aktivní prostředí	Typická hodnota opt. zisku g [cm^{-1}]	Délka prostředí nutná ke zdvojnásobení intenzity $\ln 2/g$
He-Ne (plyn)	10^{-4}	70 m
Ar ⁺ (plyn)	10^{-2}	0,7 m
roztok organického barviva	1–10	7,0–0,7 mm
rubín $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ (příměs v krystalu)	0,2	35 mm
GaAs (krystalický polovodič)	10^3	7 μm
GaN (krystalický polovodič)	10^4	0,7 μm

Tab. 1 Typické hodnoty optického zisku v aktivních prostředích některých běžných laserů. (Uváděné hodnoty nezahrnují ztráty, jež zásadně ovlivňují zesílení v reálných laserech.) K vyjádření zisku v dB/cm (což je časté v inženýrských oborech), je třeba hodnotu v cm^{-1} vynásobit 4,34. Hodnota z posledního sloupce tabulky pak znamená vzdálenost, na níž nastane zisk 3 dB.

Hustota na několik fyzikálních způsobů

Vojtěch Žák

Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta, katedra didaktiky fyziky, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8; Vojtech.Zak@matfyz.cuni.cz

Pojem hustota bývá ve výuce fyziky na středních a základních školách často redukován pouze na jeden její případ – průměrnou objemovou hustotu hmotnosti. Příspěvek přináší mírný teoretický nadhled a čtyři konkrétní aktivity na téma hustota, které spojují jednoduchá měření s výpočty a mají praktický kontext.

Úvod

Pokud přijde řeč na hustotu v rámci výuky fyziky na střední nebo základní škole, často žákům a učitelům „automaticky naskočí vzoreček“ $\rho = m/V$. Vztah přesně v této podobě má na jednu stranu poměrně striktní omezení, na druhou stranu při jeho adekvátním pochopení může být výchozím bodem k širšímu a hlubšímu uvažování o hustotě. V některých případech se jedná o vůbec první vztah ve výuce fyziky na základní škole, kde je určitá fyzikální veličina definovaná podílem jiných veličin (např. v učebnici [1], přesněji řečeno ve školních vzdělávacích programech, které řadí učivo obdobně jako tato učebnice).

Smyslem tohoto článku je zprostředkovat určitý nadhled nad vztahem $\rho = m/V$ a také uvést několik konkrétních a ověřených námětů do výuky na středních, příp. základních školách, které se týkají pojmu *hustota*. Cílem článku není podat ani vyčerpávající přehled, jak se s pojmem hustota ve fyzice (nebo dokonce mimo ni) zachází, ani provést rešerši ohledně zařazování hustoty do výuky na základních a středních školách. Můžeme však odkázat na *Souhrnný sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky* [2], kde pod klíčovým slovem *hustota* je možné najít přibližně 25 článků s náměty do výuky.

Není hustota jako hustota

Hustota průměrná

Výše uvedený, téměř ikonický vztah, tak jak je typicky zaveden, se vztahuje k tělesu jako celku, které má hmotnost m a objem V . V tom případě je vhodné upozornit, že se tedy jedná o *průměrnou hustotu* daného tělesa. To je důležité zejména v případě, pokud těleso není homogenní. Jde vlastně o analogii s neméně ikonickým vztahem $v = s/t$, kdy na základě dráhy s uražené během doby (časového intervalu) t počítáme charakteristiku pohybu jako celku – *průměrnou rychlost* (přesněji bychom měli mluvit o *průměrné hodnotě velikosti rychlosti*). Také v tomto případě je slovo *průměrná* hodné zřetele zejména tehdy, pokud se velikost rychlosti během pohybu mění.



Obr. 1 Částečná výměna vody a červeného vína v důsledku jejich rozdílné objemové hustoty hmotnosti. Červené víno má typicky menší hustotu než voda z kohoutku. Dvě skleněné číše jsou odděleny kusem běžného kancelářského papíru, který je mírně povytažen tak, aby se voda a víno dostaly u stěny sklenic do přímého kontaktu. Je vidět, že červené víno proudí směrem nahoru. Nahoře se vytváří vrstva červeného vína a u dna spodní číše vrstva vody. Nedojde ale k výměně veškeré vody za víno, dochází totiž také k difuzi.

Obdobně jako se můžeme zabývat průměrnou rychlostí ve velmi krátkém časovém intervalu a dospějeme k *okamžité rychlosti*, můžeme se při určování hustoty zabývat velmi malou (v limitě dokonce nekonečně malou) částí tělesa (bodem). Přirozeně tak dospějeme ke vztahu $\rho = \Delta m / \Delta V$, kde objem ΔV je velmi malý, a přesněji

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta V} = \frac{dm}{dV}.$$

Zatímco průměrná hustota nám dává celkovou (globální) informaci o tělese (nebo jeho části), hustota (s využitím limity) je lokální údaj (místo od místa se může lišit a popisuje rozložení hmotnosti, příp. jiné

Hisako Kojama – život a dílo pozorovatelky slunečních skvrn¹

David Omrai

ČVUT Praha, Fakulta informačních technologií, Thákurova 9, 160 00 Praha 6

Tato práce seznamuje čtenáře s nepříliš známou solární pozorovatelkou, která si svými pozorovacími schopnostmi, pečlivostí a bystrým okem vydobyla místo v historii solárního výzkumu. Její jméno je Hisako Kojama. Tato žena vlastnoručně vytvořila sbírku záznamů slunečních skvrn obsahující více než 10 000 skic, která se stala páteří nedávné mezinárodní rekalibrace záznamů slunečních skvrn, jež poskytují přehled vesmírného počasí sahající až do 17. století.



Život

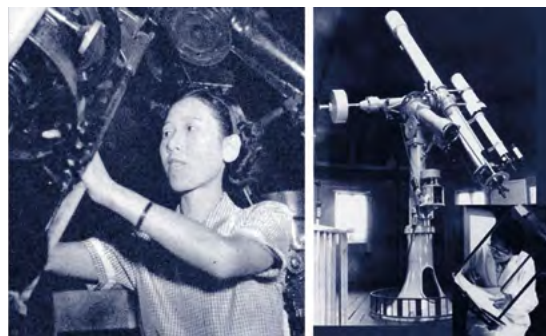
Podobně jako bouře přichází bezhlasně, než hromy vyplní svět, tak i temné stíny dvacátého století nečekaně zakalily životy lidí po celé Zemi do barev šedi. Avšak ani v nejtemnějších chvílích nepřestává žhnout plamen v srdcích těch, kteří chtějí objevovat a posunovat poznání vpřed. Výjimkou nebyla ani Hisako Kojama. Začátek její dlouhé životní cesty najdeme v japonské městské společnosti, do které se roku 1916 narodila. Plameny běsnící války byly sice daleko, ale strach se jako mlha stále držel ve vzduchu.

Raná část života Hisako je pokrytá tajemstvím. Víme jen, že ve 30. letech minulého století absolvovala tokijskou střední školu pro dívky. O dosažení takového úspěchu se tehdy mnoha dívkám mohlo pouze zdát. Vyšší vzdělání bylo v té době povětšinou pouze mužskou doménou [13].

Neutuchající vášně k pozorování

Hisako byla už odmala fascinovaná vším, co společně s námi pluje nekonečným vesmírem. Co stálo na počátku této celoživotní vášně, se můžeme jen domnívat. Mohly to být hvězdy, jež mizí s prvními paprsky slunce a čekají, až zapadne za obzor, aby mohly znovu sdílet svou dávnou záři. Mohly to být ovšem i „padající hvězdy“, vesmírné objekty kreslící poslední dráhu své dlouhé pouti. Dle obrázkového časopisu *Asahigraph* [4] tomu tak skutečně bylo – meteory ji fascinovaly natolik, že ji přivedly ke třem knihám o astronomii. Mezi ně se řadila *Rudá kniha* a *Návod ke stavbě teleskopu* [5].

Teprve až po návštěvě Toniči planetária v Juraku-čo v Tokiu se Hisako rozhodla sestavit si svůj vlastní malý teleskop, aby mohla sama pozorovat vesmírné objekty. O této události se později zmínila v komentáři k článku *Japonské orientální astronomické organizace*, taktéž známé pod zkratkou OAA² [11].



Obr. 1 Hisako Kojama v mládí a ve stáří u čočkového dalekohledu s průměrem objektivu 20 cm [9].

Nebezpečný koníček

Roky pomalu plynuly a vzrůstající celosvětové napětí rozeznělo druhou válečnou vřavu. Doba to nebyla v žádném případě lehká – hrozba nepřátelského útoku rostla a rozhodnutí vedení země dopadalo těžce na životy všech. Z tohoto důvodu se v Tokiu i jinde často konaly cvičné poplachy, během nichž se lidé museli připravit na případný letecký útok. Když se však jakot sirén rozezněl do děsivého chóru a světla svým zhasnutím ponořila vše do černočerné tmy, tak jedna osoba nedokázala zůstat skrytá a promrhat tuto příležitost k pozorování noční oblohy. Byla to 28letá Hisako, která si vytáhla na zahradu futon³ a se slabým světlem pročítala hvězdné tabulky. Později o těchto výletech prozradila: „Udělala jsem své první krůčky k astronomii pozorováním hvězd s astronomickým atlasem po mém boku“ [6].

Její otec si povšiml záliby své dcery v pozorování noční oblohy. Nedlouho poté jí věnoval čočkový dalekohled s průměrem objektivu 36 mm, který zvětšoval 60×, aby mohla dohlédnout za hranice svého zraku. Hisako se okolo roku 1944 toužila stát členkou *Měsíční sekce OAA*. Avšak nový teleskop nebyl dostatečně dobrý pro lunární pozorování. To ji však nezastavilo a namísto pozorování odrazu světla od Měsíce se zaměřila na původce toho světla, tedy samo Slunce.

3 Tvrdá tenká matrace, která pochází z Japonska.

1 Článek je zkrácenou a upravenou verzí semestrální práce.
2 OAA vznikla roku 1920, tedy pár let po narození Hisako, a jedná se o nejstarší japonskou asociaci. Její zaměření se dělí do několika sekcí včetně Marsu, Jupiteru–Saturnu, sekce komet a sekce proměnných hvězd.

Hmotnostní spektrometr HANKA

Světově unikátní spektrometr s vysokým rozlišením,
určený pro analýzy vesmírných částic

Jana Žďárská

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

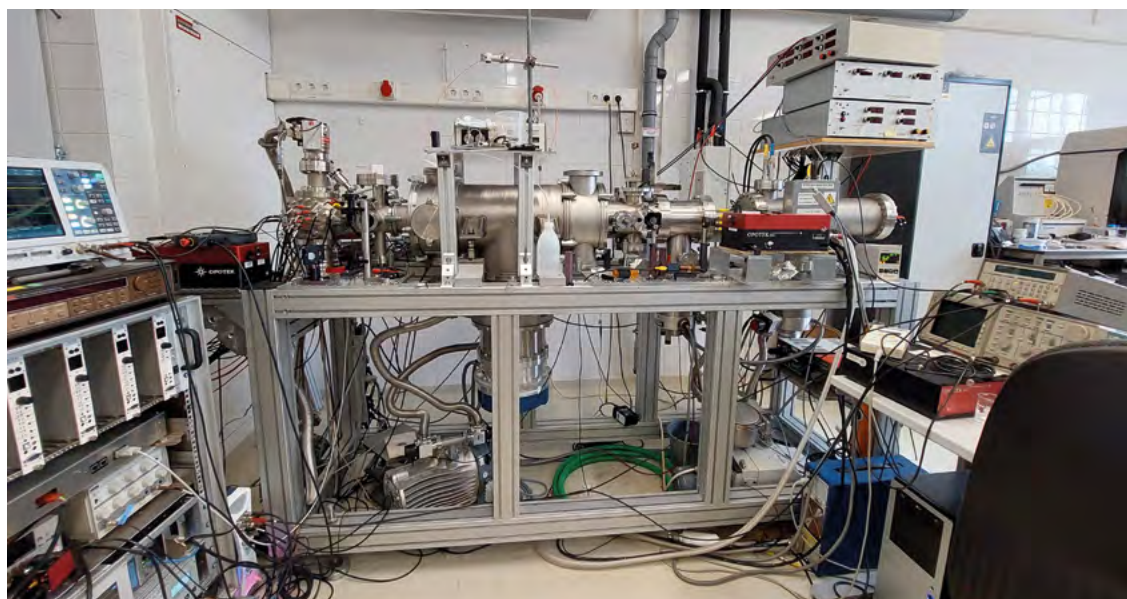
Fyzici a chemici Akademie věd ČR jsou součástí evropského týmu, který vyvíjí přístroje pro výzkum složení vesmírných těles. Na červnovém setkání v Berlíně společně pracovali na konstrukci přístroje pro analýzu iontů, které produkuje laboratorní aparatura napodobující vodní gejzíry Saturnova měsíce Enceladu. Tato unikátní aparatura má umožnit posun v porozumění analýzám částic pocházejících z meteoritů, komet nebo planet a jejich měsíců. Jde o klíčový moment pro plánovanou těžbu nerostných surovin ve vesmíru.

Hmotnostní analyzátoři s vysokým rozlišením jsou v hledáčku NASA i ESA již delší dobu, a to kvůli řádově vyšší přesnosti určení složení neznámého kosmického materiálu. Obě agentury plánují v příštích deseti letech mise, u kterých lze předpokládat, že jejich součástí budou tyto přístroje pro analýzu vesmírných plynů a prachových částic či mikrometeoritů. Vesmír totiž nabízí lidstvu unikátní řešení neklesající poptávky po nerostných surovinách. Na planetách v naší Sluneční soustavě a také na asteroidech se totiž nachází mnoho druhů vzácných materiálů, které bychom mohli využívat.

Česká republika se v plánech vesmírné těžby zasloužila o jednu výraznou stopu. Tým Jána Žabky a Miro-

slava Poláška z Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR ve spolupráci s Iljou Zymakem z ELI (Fyzikální ústav AV ČR) pokročil ve vývoji světově unikátního hmotnostního spektrometru s vysokým rozlišením, nazvaného HANKA¹, s cílem přiblížit se k těžbě nerostných materiálů ve vesmíru. Jmenovaní čeští vědci pracují na aparatuře, která modeluje vodní gejzíry Saturnova měsíce a která bude součástí plánované mise SLAVIA. Pokud bude mise vybrána, odstartuje v roce 2027. Hlavním cílem mise SLAVIA bude totiž analýza mikrometeoritů s následnou možnou aplikací pro výzkum nerostného bohatství v meziplanetárním prostoru.

1 Hmotnostní ANalyzátor pro Kosmické Aplikace



Obr. 1 Experimentální aparatura, na které budou studovány chemické a fyzikální procesy na Enceladu (laboratoř Berlín).

VYUŽITÍ ATMOSFÉRICKÝCH REANALÝZ PRO ODHADY BUDOUCÍHO VÝVOJE KLIMATU

Posouzení schopnosti současných reanalýz simulovat srážky v letních měsících s využitím adjustovaných radarových srážkových odhadů

Jana Žďárská

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

Trojice vědců z Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd České republiky Lucie Pokorná, Zuzana Rulfová a Vojtěch Bližňák pomohla významně upřesnit možnosti využití tzv. atmosférických reanalýz při rozboru příčin a důsledků extrémních srážek. Znalost nepřesností těchto „zpětných“ analýz vůči reálu pomůže při odhadech změn budoucího počasí. Využití reanalýz je však mnohem širší – jejich srážková pole již nyní slouží jako základ hydrologických aplikací i klimatologických studií.

Dešťové srážky jsou ze všech meteorologických charakteristik nejvíce prostorově a časově proměnlivé. Pro jejich monitorování je na našem území zbudována velmi hustá síť stanic. Ale ani ona nedokáže spolehlivě zaznamenat veškeré přehánky a bouřky, které nastanou během letních měsíců.

Jednou z možností, jak získat informace z míst, kde nejsou k dispozici měření, jsou atmosférické reanalýzy, které jsou schopny velmi dobře simulovat minulé stavy atmosféry. Často se proto uplatňují při studiu procesů ve volné atmosféře i v přízemních hladinách nebo při rozboru příčin extrémních jevů, jako jsou přívalové srážky či období sucha. Díky pravidelnému prostorovému a časovému kroku atmosférické reanalýzy slouží jako vstup do hydrologických a růstových modelů. V blízké době budou tyto reanalýzy používány i jako referenční databáze pro upřesnění očekávané změny klimatu.

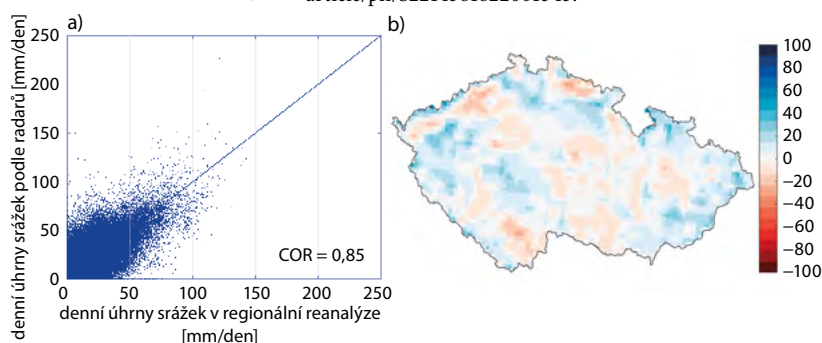
Spoluautorka studie *Využití atmosférických reanalýz pro odhady budoucího vývoje klimatu*¹ Lucie Pokorná

1 Odkaz na studii: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581822001343>.

k tomu dodává: „Reanalýzy jsou založené na numerických předpovědních modelech, jejichž výpočty jsou následně zpřesněné pozorováním. Příprava pozorovaných dat je však časově i technicky velmi náročná. Proto aktuálně existuje jen několik globálních reanalýz s prostorovým rozlišením 30 až 50 km. Ty pokrývají celou zeměkouli, respektive nižší hladiny atmosféry, která ji obklopuje. V posledních letech vznikají také regionální reanalýzy s prostorovým rozlišením méně než 10 km. V naší studii jsme se zaměřili na dvě globální a jednu regionální reanalýzu a zjišťovali jsme, zda jsou schopné na území ČR správně simulovat výskyt a množství srážek od dubna do října.“

Schopnost vybraných reanalýz simulovat správně časové a prostorové rozložení srážek na území ČR (obr. 1) byla testována v rámci projektu PERUN, jehož cílem je podrobně popsat projevy růstu globální teploty na našem území v posledních třiceti letech a vytvořit scénáře budoucích změn klimatu s důrazem na extrém. Jedním z výstupů projektu je právě dokončovaná regionální reanalýza pro střední Evropu, založená na v Česku dobře známém numerickém předpovědním modelu ALADIN. Svým prostorovým krokem 2,3 km se zařadí mezi ty nejpodrobnější a stane se „odrazovým můstkem“ pro model, který bude počítat klima na našem území do roku 2100. Výsledky studie, aktuálně publikované v časopise *Journal of Hydrology: Regional Studies*, budou v projektu PERUN využity při posuzování spolehlivosti nové regionální reanalýzy i při odhadu budoucích změn srážek.

Aby bylo možné využít plný potenciál reanalýz, je potřeba znát jejich nepřesnosti a příčiny těchto nepřesností. Jejich neznalost by totiž mohla vést k mylným závěrům. Výsledky studie ukazují, že zatímco měsíční a sezonní úhrny srážek simulují reanalýzy s dobrou přesností, rozložení srážek do jednotlivých dnů se od reality poněkud liší. „V nížinách je většina dní



Obr. 1 (a) Bodový diagram denních úhrnů srážek z regionální reanalýzy (osa x) a z radarových odhadů srážek (osa y), hodnota COR uvádí velikost korelace denních úhrnů srážek. (b) Mapa rozdílu průměrných sezonních úhrnů srážek za teplou sezonu mezi regionální reanalýzou a radarovými odhady, vyjádřená v % radarových odhadů srážek.

Dvacátý sjezd Jednoty českých matematiků a fyziků a předávání Cen Milana Odehnala České fyzikální společnosti

Jan Valenta

Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova, Ke Karlovu 3, Praha 2; jan.valenta@mff.cuni.cz

Jednota českých matematiků a fyziků je spolek, jehož zárodek byl položen roku 1862. Dnes je Jednota výjimečnou organizací. Neobvyklé je její široké „rozkročení“ – sdružuje nejen učitele a vědce v oboru matematiky a fyziky, ale i studenty. Unikátní je její regionální síť patnácti poboček po celé republice. Její činnost je pestrá – zajišťuje organizaci (stále rostoucího počtu) studentských soutěží, kurzů a akcí pro učitele, nejrůznější konference, přednášky pro veřejnost i vydávání časopisů. Jak si stojí Jednota po 160 letech existence?

Koncem června se konal v Plzni 20. sjezd *Jednoty českých matematiků a fyziků* (JČMF). V roce, kdy uplynulo 160 let od jejího založení, se může zdát pořadové číslo 20. sjezdu nepatříčně nízké. Je to však tím, že sjezdy jako nejvyšší orgán spolku byly zavedeny teprve koncem 50. let 20. století při reorganizaci Jednoty. Periodicita sjezdů byla zpočátku tři roky, nyní jsou to čtyři.

Pro pochopení významu sjezdů je třeba nejprve vysvětlit poměrně složitou strukturu JČMF. Jednota je spolek složený z 15 poboček (pobočných spolků) přibližně rozložených po všech krajích ČR.¹ Zároveň JČMF zastřešuje čtyři odborné sekce: *Českou matematickou společnost* (ČMS), *Českou fyzikální společnost* (ČFS), *Společnost učitelů matematiky* (SUMA) a *Fyzikální pedagogickou společnost* (FPS). Sjezd je jedinou příležitostí, kdy se zástupci všech složek Jednoty sejdou

¹ Jelikož je v ČR 14 krajů, vyplývá z porovnání, že jeden z krajů obsahuje dvě pobočky. Je to kraj Moravskoslezský, kde je ostravská a opavská pobočka. Historicky vznikaly pobočky postupně v univerzitních městech.



Obr. 1 Nová budova Fakulty aplikovaných věd ZČU na Borech. Foto: J. Valenta



Obr. 2 Aula, kde se sjezd odehrál. Foto: J. Valenta

v hojném počtu. Všechny pobočky a sekce vysílají své delegované zástupce (s právem hlasovat), případně zvou hosty. (V mezidobí mezi sjezdy se schází dvakrát ročně výbor, který tvoří asi 40 zástupců všech složek JČMF.)

Jednání sjezdu se konalo od 23. do 25. června 2022 v nové budově Fakulty aplikovaných věd Západočeské univerzity (ZČU) na Borech (obr. 1 a 2). Po registraci účastníků a obědě začal nabitý program prvního odpoledne a večera podle obvyklého schématu.

První část jednání (po několika proslovech představitelů hostitelské univerzity) sestávala z přednesení zpráv o činnosti, o hospodaření (viz níže) a zprávy kontrolní komise. Končící tajemník JČMF doc. Jančařík (PedF UK, obr. 3) seznámil přítomné s vývojem členské základny (viz obr. 4). Po prodiskutování zpráv delegáti sjezdu odhlasovali udělení absolutoria končícímu předsednictvu JČMF.

Zastavme se stručně u hospodaření JČMF, které je v posledních letech téměř bezproblémové – daří se udr-

Týden vědy na FJFI ČVUT

Jana Žďárská

Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 2, 182 21 Praha 8

Týden vědy na Jaderce je každoročně konaná akce FJFI ČVUT¹ pro cca 180 středoškoláků z Česka i Slovenska. Od neděle do pátku jim přednáší a vědecké projekty s nimi realizují opravdoví vědci a vysokoškolští učitelé. Studenti si tak mohou vyzkoušet vědeckou práci v prostředí, kde vědci provádějí výzkum, a své výsledky poté předvádějí formou konference, tedy prezentacemi a sborníkovým příspěvkem. Součástí programu jsou i přednášky a exkurze na špičková vědecká pracoviště.

» Základní vědy poskytují základní prostředky pro řešení zásadních výzev, jako je všeobecný přístup k potravínám, energii, zdravotní péči a komunikačním technologiím. «

Michel Spiro,
prezident IUPAP

Týden vědy na Jaderce je velmi dobrá akce pro středoškoláky a žáky druhého stupně gymnázií či posledního ročníku základních škol, kteří si chtějí na vlastní kůži vyzkoušet vědecko-výzkumnou práci. Ten letošní uvedl jeho hlavní organizátor Vojtěch Svoboda těmito slovy: „Milí přátelé, trochu jsme sice vypadli z rytmu, ale zdá se, že jsme se střetli do očekávání, že by na konci školního roku mohlo být zorganizováno pro středoškoláky něco zajímavého. A že se nám snad podařilo utišit oboustranný hlad – jednak nás po setkání se šikovnou, mladou, talentovanou a motivovanou kříví a jednak vás, kteří toužíte po tom ještě se něco naučit, potkat nové zajímavé vrstevníky a ty ostatní, vyzkoušet si něco nového a třeba se i ztratit v Praze...“ Jistě tušíte, že Vojtěch Svoboda mluví tom, jak pořádání této akce ovlivnila covidová opatření v minulých letech. „Dozrát se zpět po dvouleté pauze do rytmu a vzpomenout si na detaily a na vše podstatné pro zorganizování cca 1 000 studentů programu bylo někdy dost kruté, ale vypadá to, že jsme to snad až na pár drobností dali,“ doplňuje Vojtěch Svoboda.

Týden vědy na Jaderce probíhal v prostorách FJFI ČVUT a také mimo ně od neděle 19. června do pátku 24. června 2022. V rámci letošního ročníku bylo realizováno 50 miniprojektů, 12 exkurzí, 12 přednášek a 6 diskusních party pro celkem 150 středoškolských studentů. Součástí bylo i 31 komnat úvodní hry „Pevnost Břehyard“.

Týdnu vědy na Jaderce předchází tzv. dotazování – tedy průzkum, s jakými obavami či očekáváními stu-

¹ Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská.



Obr. 2 V rámci úvodní hry Pevnost Břehyard týmy středoškoláků řešily různé základní úkoly.

denti do akce vstupují. Letos se mezi očekáváními objevilo například tato: „Naučím se něco nového, potkám nové lidi, vyzkouším si něco nového...“. A mezi obavami dominovaly tyto: „Něco pokazím, bude to práce do noci, nakonec půjdu stejně na jinou vysokou školu...“ Je zajímavé, že jak v očekáváních, tak i v obavách se objevila stejná věta: „Ztratím se v Praze...“.

A organizátoři dbali i na zpětnou vazbu od účastníků akce, kteří po skončení Týdne vědy na Jaderce vyplňovali dotazník s několika otázkami. Z mnoha odpovědí jsme vybrali následující. Na otázku: S čím jsi byla spokojena a proč? odpověděla Irena Smolíková: „Líbilo se mi, jak probíhaly přednášky první den a také miniprojekty. Mohla jsem celý týden dělat, co mě baví a co mě zajímá. Dozvědět se něco nového, co by mi na SŠ neřekli.“ Na dotaz, zda má nějaké další připomínky/náměty/vzkazy organizátorům, odpověděl Jan Matěj Višňák: „Moc děkuji za všechno úsilí a práci, kterou jste do akce dali. Zažil jsem něco absolutně jedinečného a otevřelo mi to mé obzory. Díky akci jsem si našel nové přátele a lidi, kteří mi opravdu rozumí.“ Ke stejné otázce se vyjádřil i Jáchym Hanáček: „Děkuju všem. V Svobodovi za to, že mě inspiroval a nadchl víc, než si asi sám uvědomuje. K. Kolářovi za to, že byl takový, jaký byl, a vše zvládl na jedničku. A všem organizátorům, že nás přijali takové, jací jsme, a byli moc vřelí.“ A na závěr ještě vyjádření Vojtěcha Kubáta o miniprojektu Počítačové simulace pevných látek, který na otázku, proč by miniprojekt (ne)doporučil, odpověděl: „Myslím si, že naši vedoucí dělali skvělou práci a hodně mi pomáhali



Obr. 1 Úvodní přivítání a informace předává jeden z organizátorů Karel Kolář.

Současná česká astronomická fotografie

Jana Žďárská

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

Ústav fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského a Astronomický ústav Akademie věd České republiky v rámci aktivit Strategie AV21 „Vesmír pro lidstvo“ uspořádal atraktivní výstavu s názvem Současná česká astronomická fotografie. Expozice zahrnuje soubor vybraných obrazů z různých oblastí astronomické fotografie českých astrofotografů a je přístupná do konce září 2022.

Vernisáž, kterou zahájila předsedkyně Akademie věd profesorka Eva Zažímalová, proběhla ve středu 22. června v aule Ústavu fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského. Autoři výstavy profesor Svatopluk Civiš (Ústav fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského) a Mgr. Pavel Váňa (student oboru Částicová a jaderná fyzika Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy) představili nádherné velkoformátové fotografie vybraných českých astrofotografů Zdeňka Bardona, Miloslava Druckmüllera, Martina Gembece, Petra Horálka, Pavla Karase, Martina Myslivce, Romana Ponči, Pavla Váni a Jana Veleby.



Obr. 1 Výstava amatérské astronomické fotografie navazuje na řadu již realizovaných výstav, shrnujících spojení exaktních vědních oborů s uměním a pokusy s hledáním jejich vzájemných průniků.

Svatopluk Civiš, organizátor výstavy, k tomu doplňuje: „Výstava amatérské astronomické fotografie navazuje na řadu již realizovaných výstav shrnujících spojení exaktních vědních oborů s uměním a pokusy s hledáním jejich vzájemných průniků. Astronomická fotografie je jedním z obrovsky se rozvíjejících oborů, který se v současnosti otevírá všem zájemcům o fotografování astronomických objektů, včetně atmosférických planetárních jevů. Rozvoj fotografických technik, zvyšování jejich citlivosti a rozlišení umožňuje použití relativně levných technologií k pozorování objektů, které byly dříve dostupné jen profesionálním astronomickým observatořím.“

<https://ccf.fzu.cz>



Obr. 2 Výstavu zahájila předsedkyně Akademie věd profesorka Eva Zažímalová – na fotografii s organizátorem výstavy profesorem Svatoplukem Civišem a ředitelem Ústavu fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského profesorem Martinem Hofem.

Zevrubný katalog, který byl při příležitosti této výstavy vydán, si mohou návštěvníci nejen prolistovat, ale i odnést a těšit se tak z astrofotografií ještě doma. Katalog na svých stránkách představuje nejen jednotlivé astrofotografie a jejich díla, ale věnuje se i historii astrofotografie u nás či ve světě a přináší i další informace a vize organizátorů výstavy.



Obr. 3 Pro návštěvníky je určen i obsáhlý katalog s informacemi o jednotlivých astrofotografech a jejich dílech.

Vesmírné a nadčasové otázky vědy s Jiřím Podolským o vzdělávání i bádání na poli astronomie a fyziky

Jiří Podolský¹, Jana Žďárská²

¹ Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8; jiri.podolsky@mff.cuni.cz

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

Jak co nejlépe porozumět vesmíru a procesům, jež v něm dominují? Jak pochopit gravitaci i se všemi jejími důsledky? Co přineslo vědcům zachycení gravitačních vln a jak vyřešit Einsteinovy rovnice obecné teorie relativity z roku 1915? To vše jsou otázky, kterými se mimo jiné zabývá profesor Jiří Podolský z Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy, který k tomu dodává: „Obecně vyřešit Einsteinovy rovnice určující geometrii prostoročasu nelze pro jejich velkou matematickou složitost. Lze však najít a zkoumat – více či méně realistická – řešení za určitých dodatečných předpokladů, třeba symetrie, speciálního hmotného obsahu, geometrické výjimečnosti a podobně.“

■ JŽ: Náš rozhovor bych ráda začala jedním vaším výrokem. Kdysi jste řekl: „Jsem velmi šťastný člověk, dělám to, co jsem si vždy přál, a baví mě to.“ A také: „Pokud vás něco baví, dejte do toho maximum a nenechte se odradit.“ Tušil či doufal jste, že se v životě budete zabývat právě tím, co vás nejvíce zajímá?

JP: Nikoli, nepovažoval jsem nikdy za jisté, že úspěšně zvládnu každou další výzvu, ať už studijní, vědeckou, lidskou, či organizační. Ale když jsem byl před nějakou výzvou postaven, snažil jsem se ji zvládnout precizně a co nejlépe.



Obr. 1 Zhruba tříletý Jiří Podolský na houpacím koníčkovi na chalupě v Pasekách nad Jizerou. Maminka Jaroslava a tatínek Jiří ve druhé řadě zcela vpravo, sestra Jana vkleče vlevo dole. Na fotografii jsou i rodiče maminky Josef a Emilie Jägerovi a všechny čtyři jejich děti.

■ JŽ: A vzpomenete si, co se vám v osobním i profesním životě třeba příliš nezdařilo?

JP: Samozřejmě jsou věci, které se mi nepovedly, anebo bych je dnes řešil lépe či efektivněji. Pokud jde o mezilidské vztahy, někdy jsem se nechoval dostatečně dobře k dobrým lidem, a naopak jsem se choval zbytečně dobře ke špatným lidem. Ale takový už je život. Pokud jde o profesní záležitosti, tedy vědu, výuku i popularizaci, nemám pocit, že bych něco zásadního pokazil. Spíš jsem někdy věnoval hodně času zbytečností, a naopak málo času důležitým věcem. Už dávno mi je také jasné, že „na nobelovku to nevypadá“ (smích), ale to mi vůbec nebrání mít radost z každého poznání, ať už na něj přijdu sám, anebo někdo jiný.

■ JŽ: Své dětství jste prožil v Mladé Boleslavi. Jakou atmosféru měla vaše dětská léta a co se vám nejčastěji vybaví, když si na toto období vzpomenete?

JP: To je tedy těžká otázka! Jak mám vtěsnat své dětství a dospívání, celou třetinu svého života, do pár smysluplných vět? Ale zkusím to, nejspíš popořadě. Narodil jsem se v roce 1963 v okresním městě Mladá Boleslav a prvních pět let jsem prožil velmi radostné dětství ve čtvrti zvané Belvédér v rodinném domku spolu s rodiči, o osm let starší sestrou a prarodiči z otcovy strany. A co se mi pod pojmem „dětství“ vybaví jako první? Snad to lze shrnout takto: Prvních pět let „normální krásné dětství“, kdy na mne největší vliv měla nejbližší rodina. Měli jsme doma spoustu různých knih, já zbožňoval v nich listovat a pak je i číst. Dalších pět let mi

Jan Tauc – autobiografické poznámky

ed. Jan Valenta

Profesor Jan Tauc (1922–2010), emeritní profesor na Brown University, Rhode Island, USA, byl jedním ze zakladatelů výzkumu polovodičových materiálů v Československu po 2. světové válce.

Vyvinul první germaniové tranzistory s bodovým kontaktem, položil základy teorie optických vlastností polovodičů a byl průkopníkem studia amorfních polovodičů. V roce 1969 odcestoval na stáž do Bellových laboratoří a již v USA zůstal. Působil 22 let na Brownově univerzitě, kde pokračoval ve špičkovém výzkumu amorfních a vrstevnatých materiálů. Sté výročí jeho narození připomínáme překladem jeho vlastních autobiografických poznámek (red.).^{1, 2}

Hlavní události, které utvářely moji vědeckou kariéru

Narodil jsem se 15. dubna 1922 v Pardubicích. Můj otec byl účetním na oblastním ředitelství pošty. Moje matka se také narodila v Pardubicích a měla zde a v okolí mnoho příbuzných. Můj bratr Ladislav byl o čtyři roky mladší než já.

- 1 Z anglicky psaného textu „Jan Tauc: Autobiographical Notes“ (dokončeného v prosinci 2000 a doplněného v červnu 2004) přeložil, poznámkami a ilustracemi doplnil J. Valenta. Text a některé fotografie laskavě poskytl Jan Tauc jr.
- 2 Soubor článků k 70. narozeninám prof. Tauce vyšel v našem časopise roku 1992; obsahuje rozsáhlý rozhovor a troje vzpomínky: Emila Antončíka, Bedřicha Velického a Otakara Jelínka (Čs.čas. fyz. 51, 185–204 (1992)).



Obr. 1 Jan Tauc s dcerou Lenkou. Archiv J. Tauce jr.

Po hrůzách, kterými lidé museli projít během 1. světové války, byla doba dvacátých let obdobím relativní prosperity a nadějí, avšak brzy ji měla ukončit hospodářská krize. Jelikož byl otec státním zaměstnancem, byli jsme chráněni před přímým dopadem krize a žili jsme v zásadě šťastně, i když skromně.

Pětiletou základní školu a první ročník gymnázia jsem navštěvoval v Pardubicích, ale pak byl otec přeložen do Opavy, města ležícího tehdy v sudetském Slezsku. Obyvatelstvo zde bylo ze dvou třetin německé, ale v té době ještě obě národnosti spolu soužily celkem mírumilovně. To se změnilo, když Hitler přišel k moci a vybízel německé obyvatelstvo, aby chápalo Sudety jako německé území, které se musí připojit k říši. K tomu pak došlo roku 1938 po Mnichovské dohodě, podepsané západními mocnostmi. V originální smlouvě se předpokládalo, že Opava zůstane součástí Československa, ale Hitler pak rozhodl jinak. Jedno říjnové ráno nám bylo řečeno, že do večera musíme opustit město. Sbalili jsme několik kufrů a odjeli vlakem k příbuzným. Otec dostal práci na ředitelství pošty v Brně a já jsem získal stipendium pro studium na chlapeckém lyceu (*Lycée de garçon*) v Nîmes v jižní Francii. Strávil jsem tam rok, ale poté co Hitler začal okupovat zbytek Československa, už jsem tam nemohl pokračovat.

Na podzim 1939 začala válka. Dokončil jsem střední školu v Brně, ale vysoké školy byly zavřeny. Dva roky jsem se učil elektrikářem a pak pracoval až do konce války ve Zbrojovce Brno, kde se vyráběly zbraně pro Němce.

Od mládí jsem se zajímal o vědu, zejména fyziku a matematiku. Četl jsem si učebnice a populární knihy a sestavil jsem si zařízení k provádění fyzikálních a chemických experimentů v našem bytě. To způsobovalo jisté problémy, ale mí rodiče byli velice laskaví a podporovali mě. Rok ve francouzském lyceu mi ukázal poněkud odlišný přístup ke vzdělávání, než poskytovaly české školy. Naše vzdělávání bylo více praktické, zaměřené na řešení úkolů, zatímco francouzské se pokoušelo budovat hlubší základy. To se především projevovalo v matematice. Vzpomínám si na jednu diskusi

Greenova fyzikální meditace

BRIAN GREENE:

Až do konce času. Vědomí, hmota a naše hledání smyslu ve vesmíru

Nakladatelství Paseka,
Praha 2021, 504 stran.
Přeložil David Petru

Americký strunový fyzik *Brian Greene*, působící již čtvrtstoletí jako profesor fyziky a matematiky na Kolumbijské univerzitě (New York, USA), je rovněž významným popularizátorem, jehož knihy *Elegantní vesmír*, *Skrytá realita* a *Struktura vesmíru* známe i z českých překladů. Zásahu na jejich uvedení do českého prostředí má (jako překladatel *Elegantního vesmíru*) strunový fyzik Luboš Motl: s autorem se seznámil během svého působení na Harvardově univerzitě, Greenově „alma mater“. Tato skutečnost je o to pozoruhodnější, že na rozdíl od Greenových sympatií ke koncepcím multiverza a obecně k deterministickým popisům (jako je de Broglieho–Bohmova mechanika) má Motl mnohem blíže ke klasickému „kodaňskému“ výkladu kvantové mechaniky.

První vydání *Elegantního vesmíru* ještě zaštitilo dnes již zaniklé vydavatelství Mladá fronta, o druhé vydání, stejně jako o další Greenovy tituly, se již postaralo nakladatelství Paseka. To loni vydalo již čtvrtou Greenovu knihu. Nese název *Až do konce času*, s podtitulem *Vědomí, hmota a naše hledání smyslu ve vesmíru*. Ve srovnání s uvedenými tituly patří do ranku popularizace fyziky asi nejméně: většinu textu bychom mohli označit spíše za uměleckou esej či meditaci o hodnotě pomíjivosti. Přesto zejména několik prvních a posledních kapitol představuje velmi dobrý vhled do problematiky entropie. Důležitou součástí knihy je rovněž 70stránkový poznámkový aparát, který je výrazně fyzikálnější zaměřen než většina hlavního textu a dobře

vysvětluje mnohé podrobnosti. Nechybí ani pečlivý rejstřík.

Cenné je i celkové pojetí knihy: velmi dobře ukazuje fyzikální návaznost chemie, biologie i evolučního vývoje člověka. Literární i evolučně-biologické pasáže či pasáže popularizující kognitivní vědu jsou na velmi vysoké úrovni, kvalitativně si nijak nezadají s popularizačními knihami literárních vědců či evolučních biologů; jen musíme mít na paměti, že v nich – na rozdíl od pasáží fyzikálních – Greene nevychází ze svých odborných znalostí.

Greene spojuje pečlivost popisu se srozumitelností. Kniha velmi dobře umožňuje vyrovnat se s našimi intuicemi a zdánlivými paradoxy: například jak sloučit představu entropie – s její produkcí tepla – s představou postupného chladnutí vesmíru a jeho cesty k tepelné smrti. Greene názorně ukazuje, jakým způsobem probíhá evoluce a nárůst strukturovanosti (obecněji bychom asi řekli negentropie) jako součást entropického toku. Označuje tento proces jako „entropický taneček“ a vysvětluje jej už na úrovni základního popisu gravitace, aniž by se musel uchýlit k prigoginovským disipativním strukturám či emergenci vědomí.

Je to velmi osobní kniha, která do sebe vtahuje i Greenův životní příběh. Žánr je mu zde příliš těsný: snaží se podat svůj celkový obraz světa a v tomto smyslu jde o jakési jeho – nikoliv odborné – „opus magnum“. Zároveň můžeme být na pochybách, zda je Greene (filozofickým žargonem řečeno) nereduktivní fyzikalista, nebo emergentista – v každém případě se vyslovuje pro poměrnou samostatnost různých úrovní popisu světa. Přestože se zabývá i náboženstvím, jde o výrazně nenáboženský pohled. A v tomto smyslu se postoj fyzika prolíná celou knihou.

Najdete zde mimo jiné popis toho, jak úvahy Erwina Schrödingera ovlivnily objev dvoušroubovice DNA, úvahu o Boltzmannových mozcích i delší pasáž, v níž Greene na motivy úvah fyzika Freemana Dysona uvažuje o strategiích, jaké by mohla zvolit myslící bytost k co nejdelšímu prodlouže-



Brian Greene



ní své existence v entropizujícím se vesmíru. Chronologie knihy je dána chronologií vesmíru, nikoliv historií našeho poznávání vesmíru. Jde tedy o vývoj vesmíru od velkého třesku až... kam vlastně? Otázka zániku času zůstává otevřená.

V kvalitních popularizačních knihách, od Greena obzvláště, jsme si už zvykli na dobře vybrané citáty umělců, spisovatelů a filozofů: zde je jich snad ještě více než v předchozích titulech, což ale vzhledem k dobrému zařazení do kontextu vůbec neruší. Je zde i česká stopa: zmíněno je Janáčkovu operní zpracování hry Karla Čapka Věc Makropulos, v souvislosti s jeho komentářem od filozofa Bernarda Williamse.

Přesto si myslím, že se Greene nechá představou pomíjivosti unést v této knize možná až příliš. Od autora *Skryté reality* a *Struktury vesmíru* bych čekal, že dá alespoň v kosmologických měřících určitou šanci „krajíně“, tedy strunovému multiverzu, či multiverzu kosmologické inflace, která alespoň podle současných dominujících představ nějaké konečné časové či energetické omezení nemá a umožňuje tak entropii jednotlivých uzavřených vesmírů obejít. Ať již by šlo o přímý fyzický průnik lidí z jednoho vesmíru do druhého, jak si to představuje jiný strunový fyzik Michio Kaku, nebo o přenos informace mezi vesmíry nějakým fyzikálním nosičem (například dosud hypotetickými gravitony), který by měl podobně jako naše DNA softwarovou i hardwarovou složku a umožnil by naši rekonstrukci na „druhé straně“.

Překlad Davida Petru je výborný, s pochopením věci. Připomeňme, že je velmi čerstvý: originál v angličtině vyšel v roce 2020.

Miroslav Dočkal
Ústav jaderné fyziky AV ČR,
Husinec-Řež 130, 250 68
Rež; dockal@ujf.cas.cz

<https://ccf.fzu.cz>



Akademie věd
České republiky

n

JEDU VĚDU

Neváhejte
a **pozvěte si**
svého vědce
do hodiny!

Jste
STŘEDOŠKOLSKÝM
UČITELEM
přírodních věd?

Chcete oživit svoji
výuku?

Více informací na e-mailu
jindrich@ssc.cas.cz
nebo sledujte sekci pro veřejnost na stránkách

www.avcr.cz

