

1/2022
SVAZEK 72

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS **PRO FYZIKU**[®]

- KOMPLEXITA A NEUSPOŘÁDANOST VE FYZIKÁLNÍCH SYSTÉMECH • LE VERRIER
- POKROK INERCIÁLNÍ TERMOJADERNÉ SYNTÉZY • PARADOX DVOJČAT •
- KIBBLOVY VÁHY A KILOGRAM • VODÍKOVÉ PALIVOVÉ ČLÁNKY • CENA ALBERTUS



ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU

1/2022

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: únor 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 Bielčík, Ivo Čáp, Stanislav Daniš,
Miroslav Dočkal, Ivan Gregora, Libor Juha,
Petr Kácovský, Eva Klimešová, Ivana
Kolmašová, Jan Kříž, Martin Ledinský,
Jan Mlynář, Jana Musilová, Tomáš Polívka,
Alena Šolcová, 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

Sans refaire – od templářů k teleskopu Jamese Webba



Když jsme před lety pořádali večeri pro zvané hosty a komisi našeho sympozia E-MRS v Lille, zaujalo mě v restauraci Le Compostelle heslo vytesané nad vchodem na schodiště: *Sans refaire*. Jedná se údajně o heslo templářů (mimo jiné ochránců svatojakubské cesty do Santiaga de Compostella), které bych přeložil doslova jako „bez opakování (resp. předělání)“ či volně „jen jednou“. Od té doby se mi to heslo občas vrací na mysl (aniž bych studoval v moudrých knihách, co tím přesně templáři mysleli).

Je spousta dějů, které nelze opakovat... Vlastně, striktně vzato, nelze opakovat nic. Nevstoupíš dvakrát do téže řeky. Šipka času jde jen jedním směrem a zopakování všech podmínek pro určitý děj je nemožné. Naštěstí pro experimentální vědu lze opakovat určité pokusy, kde všechny podstatné podmínky máme pod kontrolou a ty nepodstatné výsledky prakticky neovlivní (či jen statisticky rozmazou).

Zdá se mi, že heslo *Sans refaire* je především apelem na připravenost, soustředěnost a důkladnost. Templáře mohlo motivovat ke zdokonalování bojového umění, jelikož každá bitva také proběhne jen jednou. Podobně fyzik experimentátor by měl myslet na to, že chystaný pokus zahrnuje spoustu přístrojů a vstupů, které stojí velké prostředky. Malá chybička, přehlédnutí či nepozornost mohou vést k obrovským škodám, které přeruší další výzkum na dlouhou dobu. Vzpomínám, jak jsem měl silné pochybnosti, když na soustředění pro středoškolské kolegy „motivoval“ studenty, že zde „můžou zkusit cokoliv, neboť je to jen taková hra“. Nikoliv, nelze dělat cokoliv. Když student třeba zapojuje elektrický obvod, musí se soustředit a přemýšlet: proč je to pospojované právě takto, jaké je správné napájení, nehrozí nebezpečí, přezkontroloval jsem vše dostatečně?

Nedávno se mi heslo *Sans refaire* připomnělo při startu nového vesmírného teleskopu Jamese Webba (JWST) o Vánocích 2021. Oproti slavnému Hubbleovu teleskopu má JWST plochu primárního zrcadla více než šestkrát větší při přibližně stejné celkové hmotnosti. Toho bylo možné docílit jen segmentovou konstrukcí, která byla sofistikovaně složena jako origami do přepravního prostoru rakety Ariane 5. Média zdůrazňovala velké zdržení a prodražení projektu, což je ovšem pro každý tak přelomový projekt typické. JWST je dokonalou ukázkou mise „sans refaire“ – teleskop putuje do Lagrangeova bodu L2 (1,5 milionu km od Země). Proto není naděje na případné posláni

nějaké „opravné“ mise (ani robotické, natož lidské). To Hubbleův teleskop hned na počátku musel dostat korekční „brýle“ a poté ještě několikrát astronauté z raketoplánu prováděli údržbu (výměnu detektorů atd.). Jen díky tomu mohl vesmírný teleskop bohatě vyplnit svou historickou úlohu. Konstrukteři Webbova teleskopu museli všechno pečlivě navrhnout a vyzkoušet – i s případnými nouzovými variantami. Všechny komponenty byly jistě několikrát předělány, optimalizovány a zkoušeny. Přesto byla nervozita z výsledku té jediné neopakovatelné akce velká. Momentálně se zdá, že vše dopadlo skvěle. JWST se rozložil a usadil na správném místě, testuje se a napjatě čekáme na první snímky.

Je to úžasná věc, když taková složitá akce dopadne dobře podle plánu. Je v tom jakási elegancie a lehkost – jako když muzikanti při koncertě zahrají perfektně v dokonalé souhře, všichni jsou plni emocí a nikdo nemyslí na tu dřinu, která výkonu předcházela. Nebo když se skokan do výšky ladně rozběhne a jakoby nic přeskočí laťku posazenou více než dva metry nad zemí – všechny pohyby musejí proběhnout přesně a ve správném sledu.

Podobné potěšení v drobném měřítku lze zažít třeba z pečlivě naplánované cesty či výletu bez zádrhelů nebo při nějakém domácím kutění – akci promyslíme, proměříme, nakoupíme materiál, tvoříme... a jaká je pak radost, když dosáhneme cíle! Chce to však kromě cviku a zkušeností také soustředěnost, nerušenou pípáním mobilu a nutkáním kontrolovat e-mail či, nedej bože, sociální sítě.

Už studenty a mladé vědce bychom měli vést k vědomí, že experimenty se musejí připravovat co nejpečlivěji a provádět soustředěně s vědomím, že to není hra, ale poměrně nákladná seriózní práce. Někdy je to i radost, když konečně souhra mnoha přístrojů běží, jak jsme si naplánovali. Naladíme tohle a tamto a pak je to „koncert“. Jen ta radost obvykle netrvá dlouho. Je třeba výsledky vyhodnotit a kontrolovat, zda věrohodně vypovídají o tom, co zkoumáme. Nebudou tam nějaké artefakty, nechtěné efekty?

Dopřejte si občas radost soustředěním se na malé akce „sans refaire“! Koneckonců, celý náš život je „sans refaire“ – nemáme možnost žít „na nečisto“. Když na těch několika málo zásadních životních křižovatkách budeme nesoustředění a nepřipravení, výhybka nás pošle na vedlejší kolej.

Přeji vám dobré soustředění nejen v roce 2022.*
Jan Valenta

* Čtenářům, kteří se těší na první číslo nového ročníku „žlutáku“ kvůli obvyklým překladům nobelovských přednášek, bych se chtěl omluvit za zklamání. Přednášky z prosince roku 2020 (Penrose, Genzel, Ghez) dosud nebyly publikovány. Zdá se tedy, že nebude možné jejich překlad stihnout ani do druhého čísla.

Obsah

OTÁZKY A NÁZORY

Smutné úsměvy technooptimistů

4

Patrik Novotný

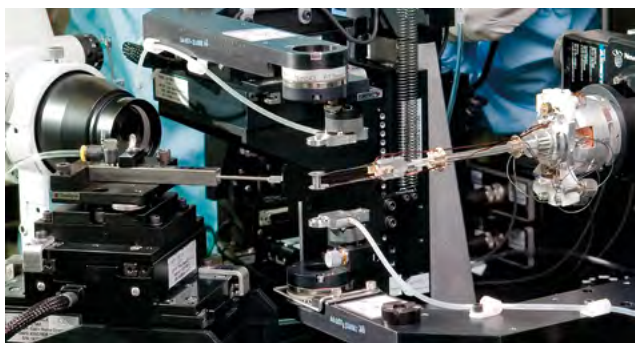


AKTUALITY

Významný pokrok ve výzkumu inerciální termojaderné syntézy

8

Jiří Limpouch

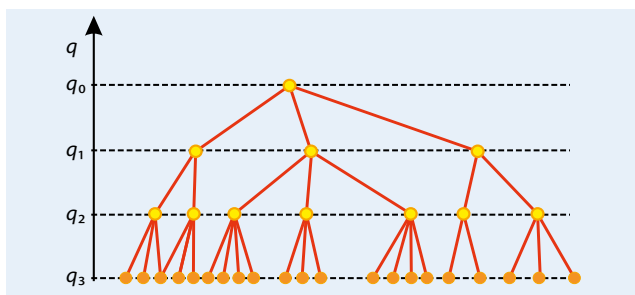


AKTUALITY

Komplexita a neuspořádanost ve fyzikálních systémech od atomárních po planetární škály

14

Václav Janiš



FYZIKÁLNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

Kilogram, Kibblovy váhy a jak je přiblížit studentům

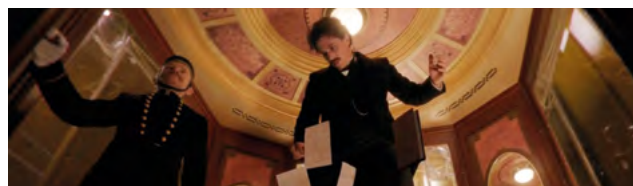
21

Leoš Dvořák, Miloš Rotter

Paradox dvojčat jako pedagogický problém

27

Jiří Podolský, Aleš Trojánek

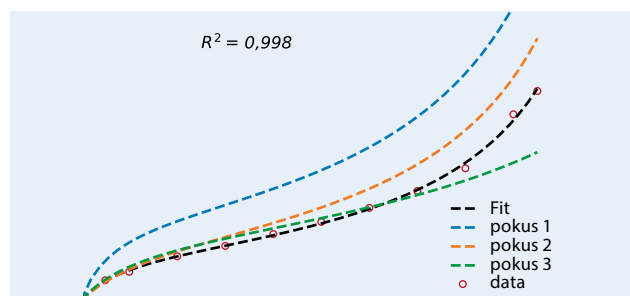


FYZIKÁLNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

Využití přístrojového vybavení laboratoře pro vodíkové palivové články v přípravě učitelů fyziky

37

Martin Tomáš



FYZIKÁLNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

Urbain Jean Joseph Le Verrier (1811–1877)

41

František Jáchim



Obrázek na obálce:

Servisní plošina umožňuje práci v interakční komoře laboratoře laserem vyvolané inerciální fúze National Ignition Facility v Livermore. Viz článek J. Limpoucha na str. 8. Kredit: NIF LLNL

ZPRÁVY

Druhý ročník Ceny Albertus
pro mimořádné učitele fyziky a informatiky 51

Cena Doctorandus za přírodní vědy
pro Libora Šmejkalu 52

Jana Žďárská



ZPRÁVY

Bačkorový astronom
na cestách za tmou 54

Jana Žďárská

Dotkni se (exo)planet... 56

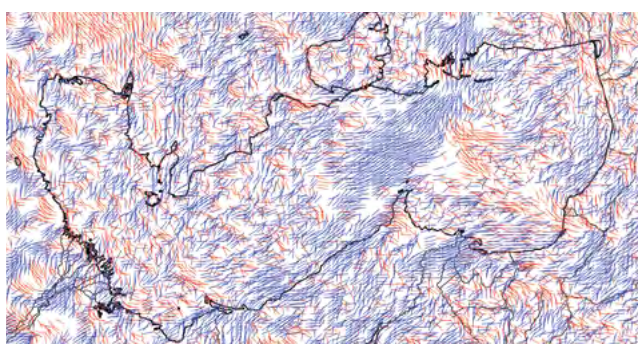
Jana Žďárská



ZPRÁVY

Může astronomie pomoci s hledáním
nalezišť ropy a plynu? 59

Jana Žďárská



ROZHOVOR

Nebeské úkazy nepočkají,
až se vyspíte 61

Rozhovor s Pavlem Suchanem, místopředsedou
a tiskovým tajemníkem České astronomické
společnosti a předsedou Odborné skupiny pro
světelné znečištění

Jana Žďárská



LIDÉ A FYZIKA

Zemřel úspěšný technik
Ivan Lehraus 69

Jan Hladký



JINÉ

Obsah a autorský rejstřík
Čs. čas. fyz. sv. 71 (2021) 73



SMUTNÉ ÚSMĚVY TECHNOOPTIMISTŮ

Patrik Novotný

Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 1999/2, 182 21 Praha 8; patrik.novotny@cern.ch

Jako student fyziky jsem vždy byl nadšeným technooptimistou. Věřil jsem, a vlastně tomu věřím pořád, že je velkým darem, když se jedinec může podílet na rozšiřování hranic poznání lidstva. Přistupuje-li ke své práci zodpovědně a pokorně, potom může na jedné straně uspokojit svoji zvědavost, rozšiřovat kolektivně stav poznání světa. A současně skrze toto kolektivní poznání zlepšovat životní úroveň svých spoluobčanů, ba celého lidstva. Zdánlivě abstraktní poznatky po čase nacházejí konkrétní technologické využití.



Frontispis populárně-naučné *La physique populaire* (1891, Émile Desbeaux). Evropa zahřívána a osvěcena díky pokroku věd, typický pohled období Belle Époque.

Vezměme si za příklad internet. Během posledních tří dekád se z malého vědeckého projektu vzniklého jakožto vedlejší produkt základního výzkumu v laboratoři CERN stala onnipotentní chiméra, která zasahuje do téměř všech sfér lidského života. Očekávání spojená s rozšířením internetu se ukázala jako příliš idealistická. Jak to, že volný přístup k informacím nevede k lepší informovanosti? Každá technologie, či ještě abstraktněji vzato nový poznatek, je pouze prostředkem. Je jen na lidech, jak ho využijí. Štěpení objevené Otto Hahnem a Lise Meitnerovou v roce 1938 je stejně tak

nástrojem k masovému vraždění civilního obyvatelstva atomovými zbraněmi jako cestou k nízkoemisnímu stabilnímu zdroji elektřiny v podobě jaderné energetiky. Lze najít ještě horší příklady. Elektrotechnické poznatky umožňují svítit nad psacím stolem stejně jako umožňovaly provoz elektrických plotů na železných opěnkách i okolo nacistických koncentračních táborů. Taková myšlenka mi probleskne hlavou často, když tisknu spínač uzavírající libovolný elektrický obvod. A přece je elektřina nevinná. Jen člověk, a to konkrétní jednotlivec, nikoliv celé lidstvo, je odpovědný za to, jak daný technický prostředek využije. Právě proto by nás nemělo překvapit, jak snadno si kriminálníci navykli na anonymitu a rychlost, kterou jim kyberprostor poskytuje. Dokonce přišly i nové zločiny – kybernetické útoky, kyberšikana a on-line obtěžování dětí. Tomu se musel nově přizpůsobit legislativní rámec. Tím není internet výjimečný, podobným procesem projde každá široce rozšířená technologie – zavedeny byly i mezinárodní smlouvy na regulaci jaderných zbraní. S automobilismem přišla dopravní legislativa, jejímž důsledkem je například to, když vám přijde pokuta za překročení maximální povolené rychlosti.

Nutnost legislativních úprav je důsledkem faktu, že technologie přináší před jedince nové volby. A každá volba má své dopady. Svoboda se nutně pojí s odpovědností, jelikož nežijeme sami na opuštěném ostrově. Právo se snaží maximalizovat práva všech členů společnosti, ovšem s přihlédnutím k předpokladu (ten platí pro demokratické právní státy) všeobecné rovnosti práva a povinností. Vyskytují-li se v právech nějaké diskrepance, jsou to důsledky principu všeobecné rovnosti práv aplikované na reálné možnosti jedinců. Členství ve společnosti tedy od nás vyžaduje jistou míru schopnosti kooperace s ostatními jejími členy.

Proč ale žít ve společnosti? Na to mnohem lépe než já odpoví sociologové, stejně jako by předchozí odstavec lépe vyložili odborníci na státovědu. Jelikož se však v tomto textu snažím o zevrubnou interdisciplinární syntézu poznatků, odkážu se na evoluční mechanismy. Řekněme tedy v hrubém přiblížení, že je evolučně výhodné pro člověka žít v lidském společenství. Pro důkladnější úvahy doporučuji čtenářům Sobecký gen Richarda Dawkinse. Lidské společenství nám poskytuje nejen bezpečné místo pro zachování našeho organismu, ale je to i místo, kde můžeme abstraktně rozvíjet poznatky celého člověčenstva. Nakonec, jak se liší člověk od zvířete? Komunikačními schopnostmi? Schopností používat nástroje? Tvorbou celoživotních párů? No, od každého zvířete něčím jiným. Ovšem z mého pohledu je klíčem k úspěchu našeho druhu abstraktní myšlení. I kdyby byl totiž člověk opravdu šikovný, jen si představte, kdybychom museli všechno vymýšlet zno-

Významný pokrok ve výzkumu inerciální termojaderné syntézy

Jiří Limpouch

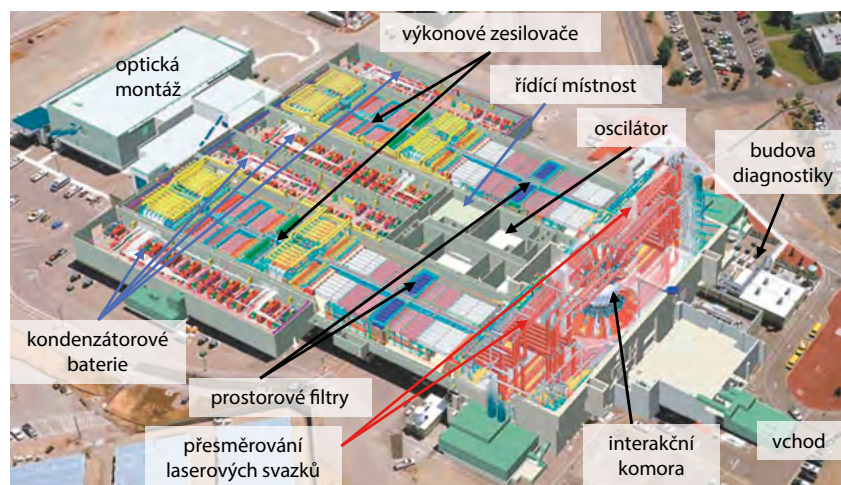
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, České vysoké učení technické v Praze, Břehová 7, Praha 1; jiri.limpouch@fjfi.cvut.cz

Článek informuje o významném pokroku ve výzkumu inerciální fúze, kdy v srpnu 2021 bylo získáno 1,3 MJ fúzní energie, což je asi 25krát více než nejlepší dosud publikovaný výsledek. Je podána stručná informace o překážkách na cestě k energetickému využití inerciální fúze. Na závěr je stručně shrnut příspěvek výzkumu v ČR ke studiu inerciální fúze.

Livermorská národní laboratoř (LLNL) v USA oznámila [1], že 8. srpna 2021 došlo k významnému pokroku ve výzkumu inerciální termojaderné syntézy (fúze). V experimentu na laseru National Ignition Facility (NIF – viz obr. 1) byla v jednom výstřelu uvolněna energie produktů termojaderné fúze 1,3 MJ, což je asi 25krát více, než je dosud nejlepší publikovaný výsledek z roku 2017 [2], a asi 8krát více než nejlepší dosud nepublikovaný výsledek ze začátku roku 2021. Energie uvolněná jadernou syntézou byla však stále na úrovni 70 % energie laserového impulsu (1,9 MJ). Nebyl tedy dosažen *breakeven*, kdy je uvolněná energie rovna energii dodané laserem. Nicméně tato uvolněná energie je podstatně větší než energie 150 kJ absorbovaná vlastním terčíkem s palivem. O úspěšném experimentu informovala 22. září dr. Andrea (Annie) Kritcher z LLNL během konference *Inertial Fusion Sciences and Applications 2021* (IFSA 21), která proběhla online a byla zkrácena na čtyři plenární přednášky.

Dosažení inerciální fúze je založeno na sférické kompresi dutého sférického terčíku. Přitom je vnější vrstva terčíku odpařena zářením (ať už laserovým, nebo tepelným rentgenovým) a v důsledku zákona akce a reakce je neodpařená část terčíku urychlena směrem

do středu. Kolem středu terčíku vzniká oblast stlačeného paliva s vysokou hustotou. Relativní vyhoření DT paliva (směs deuteria a tritia) je určeno parametrem ρR , tedy součinem hustoty ρ a poloměru R sférické oblasti obsahující palivo zahřáté na zápalnou teplotu větší než 5 keV (60 milionů kelvinů). Parametr ρR je obdobou Lawsonova parametru $n\tau_E$ (součin iontové koncentrace n a doby energetického udržení τ_E), užívaného v termojaderné fúzi s magnetickým udržením. Při konstantním parametru ρR a dané hmotnosti paliva je energie nutná k ohřevu paliva na zápalnou teplotu úměrná $1/\rho^2$. Proto je třeba DT palivo stlačit na vysokou hustotu několik stovek g/cm^3 . Energii dodanou palivu je ale možné snížit klasickou metodou jiskrového zapálení inerciální fúze. Na zapálení fúze totiž stačí dosažení zápalné teploty jen v menší omezené oblasti (*hot spot* – horká skvrna), ze které se šíří vlna termojaderného hoření do paliva s nižší teplotou. K vytvoření této horké oblasti dochází ve chvíli zastavení pohybu (stagnace) urychlené části sférického terčíku ke středu, kdy je také dosaženo maximálního stlačení DT paliva. V této chvíli je materiál okolo středu terčíku v izobarickém stavu, kdy je horké palivo o relativně malé hustotě několik desítek g/cm^3 ve středu obklopeno chladnějším palivem o vysoké hustotě 300–400 g/cm^3 . Při syntéze



Obr. 1

Řez budovou NIF (celková délka od nízkého zeleného vstupu vpravo až po konec budovy montáže optiky vlevo je asi 220 m, maximální šířka je cca 120 m, maximální výška 30 m).

Komplexita a neuspořádanost ve fyzikálních systémech od atomárních po planetární škály

Václav Janiš

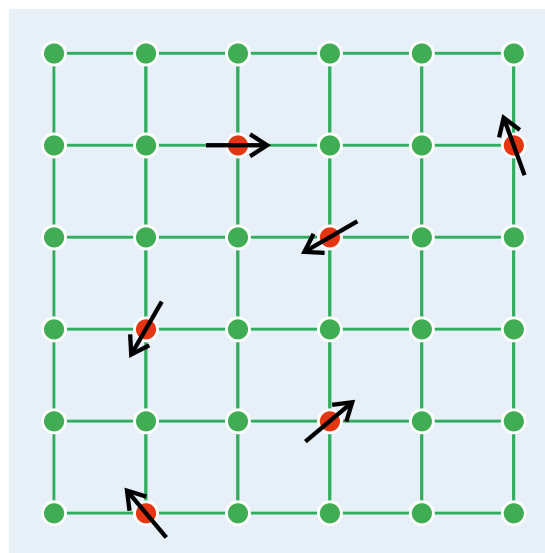
Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 1999/2, 182 21 Praha 8; janis@fzu.cz

Nobelova cena za fyziku za rok 2021 byla udělena z jedné poloviny Syukurovi Manabemu a Klausu Hasselmannovi a z druhé poloviny Giorgiu Parisimu. Udělené dvě části Nobelovy ceny spolu zdánlivě tematicky příliš nesouvisí. První polovina byla udělena za modelování klimatu, které spolehlivě identifikuje příčiny globálního oteplování zemské atmosféry a druhá za objevy vedoucí k pochopení vzájemného působení mikroskopické neuspořádanosti a fluktuací na makroskopické vlastnosti fyzikálních systémů. To, co však vnitřně obě části Nobelovy ceny za fyziku v roce 2021 propojuje, jsou *průkopnické příspěvky laureátů k našemu chápání komplexních fyzikálních systémů*. Společným jmenovatelem je tedy *náhodnost v komplexních systémech*.

Komplexní systémy jsou „makroskopické“ soustavy skládající se z velkého množství elementárních objektů stejného typu, jako jsou atomy, molekuly nebo jinak dobře vymezené „mikroskopické“ části, jejichž vzájemná interakce ne zcela jednoznačně umožňuje předpovědět chování komplexního systému jako celku. G. Parisimu se podařilo najít skryté souvislosti a symetrie vedoucí k makroskopické uspořádanosti ve zdánlivě zcela neuspořádaných komplexních magnetických materiálech. Jeho konstrukce umožnila pochopit a popsat mnoho různých dějů s vnitřní neurčitostí nebo náhodností nejen ve statistické fyzice a fyzice pevných látek, ale i v jiných vědních oblastech, jako jsou matematika, informatika, počítačová věda, biologie, ekonomie a sociologie.

Spinová skla – experiment

Na počátku Parisiho cesty k Nobelově ceně byla experimentální studie zředěné magnetické slitiny železa ve zlatě – $\text{Au}_{(1-x)}\text{Fe}_x$ s koncentracemi $x < 0,2$ –, provedená V. Cannellou a J. A. Mydoshem [1], která prokázala existenci dalekodosahového uspořádání při dostatečně nízkých teplotách. Atomy železa jsou náhodně rozmístěny v pravidelné krystalické mřížce zlata, obr. 1. Magnetické momenty reagují nejen na vnější magnetické pole, ale i na orientaci okolních magnetických momentů. Jejich vzájemná interakce je zprostředkovávána vodivostními elektrony nemagnetického hostitelského kovu, v tomto případě zlata. Tato magnetická interakce



Obr. 1 Atomy železa (červená kolečka) nesoucí magnetický moment, jsou ve spinovém skle náhodně rozmístěny v pravidelné mřížce atomů zlata (zelená kolečka). Interakce mezi magnetickými momenty je zprostředkovávána elektrony zlata pohybujícími se po spojnících uzlů mřížky. Převzato z nobelprize.org

$J(R)$, popsaná Rudermanem, Kittlem, Kasuyou a Yosidou, závisí nepřímo úměrně na třetí mocnině vzdálenosti R mezi magnetickými momenty formou

$$J(R) = J_0 \hbar^3 \frac{\cos(2k_F R / \hbar + \phi_0)}{(k_F R)^3},$$

kde k_F je hybnost vodivostních elektronů na Fermiho energii. Vzdálenosti mezi magnetickými momenty železa jsou ve zředěné slitině velké a v zásadě náhodné. Takže znaménko vzájemné interakce fluktuuje bez preferencí mezi kladnými a zápornými hodnotami. Ve výsledku magnetické momenty železa nemají tendenci se uspořádat ani do feromagnetu (paralelní uspořádání magnetických momentů), ani do antiferomagnetu (antiparalelní uspořádání). Přesto byl při nízkých teplotách experimentálně pozorován přechod do uspořádaného stavu. V kritickém bodu vykazuje magnetická susceptibilita ostré maximum a pod kritickým bodem hysterezi v závislosti na tom, zda se systém chladí/

Nobelova cena
za fyziku 2021



Kilogram, Kibblovy váhy a jak je přiblížit studentům

Leoš Dvořák¹, Miloš Rotter²

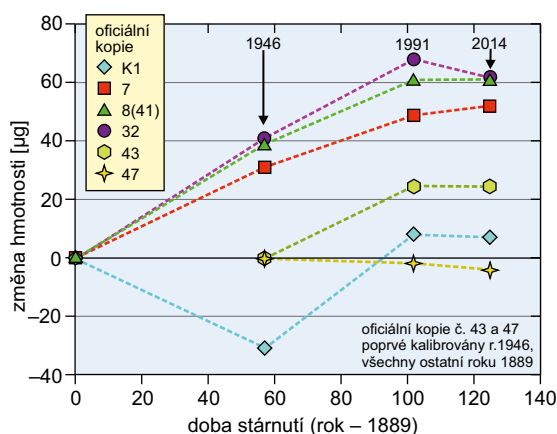
¹ Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta, katedra didaktiky fyziky, V Holešovičkách 2, Praha 8; leos.dvorak@mff.cuni.cz

² Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta, katedra fyziky nízkých teplot, V Holešovičkách 2, Praha 8

V nové definici soustavy jednotek SI se jako základní zařízení k určení hmot využívají Kibblovy váhy. Jedná se o sofistikované zařízení, jehož přesnost a reprodukovatelnost se neustále zlepšují. Konstrukce Kibblovy vah se stále zdokonaluje – zde nastíníme, jaký je současný stav. Ve druhé části článku ukážeme, jak si lze postavit jednoduchý model, který může přiblížit jejich princip učitelům fyziky a jejich studentům.

Od vzniku metrické soustavy k mezinárodní soustavě jednotek SI [1]

Rostoucí mezinárodní obchod a vznikající průmyslová výroba ke konci 18. století si vynutily postupné zavádění všeobecně rozšířených měr a vah platných pro všechny a navždy v duchu idejí Velké francouzské revoluce (1789). Za základní jednotku délky byl zvolen metr jako desetimiliontá část poloviny zemského poledníku (od rovníku k pólu). Dvě skupiny fyziků prováděly v letech 1792–1798 triangulační měření podél poledníku procházejícího Paříží od Dunkerku k Barceloně. Podle optimální zjištěné délky byl zhotoven prototyp metru nejprve z platiny a posléze ze slitiny platiny s iridiem. Jednotkou váhy byl zvolen kilogram jako váha krychlového decimetru destilované vody při teplotě 4 °C a normálním atmosférickém tlaku. Válec o hmotnosti jednoho kilogramu byl zhotoven z platiny, později ze slitiny platiny s iridiem (původní pojem „váha“ se z tradice stále užívá v názvu *Mezinárodního úřadu pro míry a váhy*, francouzsky *Bureau International des Poids et Mesures* – BIPM), pojem „hmotnost“ je však obecnější a nezávisí na změnách zemského gravitačního pole). Prototyp kilogramu je pod třemi skleněnými poklapy



Obr. 1 Srovnání hmotností etalonů kilogramu ve vztahu k hmotnosti prototypu [2].

uložen v podzemí Pavillon de Breteuil v Sèvres u Paříže. Uchovává se pokud možno nedotčený, jednou ročně se zkontrolují podmínky jeho uložení a opatrně se otře prach, který by se na něm mohl usadit. Pro manipulace s etalonem hmotnosti byly zhotoveny přesné kopie a po vzniku mezinárodní metrické konvence v roce 1875 také národní etalony kilogramu, kterými se vybavily členské země Mezinárodního úřadu pro míry a váhy. V roce 1960 byla přijata soustava SI (*Système International d'Unités*), která definovala šest základních fyzikálních jednotek (metr, kilogram, sekunda, ampér, kelvin, kandela a později i mol).

Metrologická praxe spočívá v neustálém a co nejpřesnějším porovnávání etalonů a měřidel. Bylo zjištěno, že se hmotnosti etalonů kilogramu s časem od prototypu odlišují, a to jak v kladném, tak i záporném smyslu, viz obr. 1. Příčiny těchto rozdílů není možné přesně identifikovat (oxidace povrchu etalonů, depozice molekul plynů, abraze apod.). V roce 2014 dosahovala střední hodnota rozdílu mezi prototypem a jeho kopiemi a národními etalony hodnoty 35 μg, což odpovídá střední relativní nejistotě $3,5 \cdot 10^{-8}$. Jakkoli je tato odchylka pro většinu praxe nevýznamná, vzniká do budoucna otázka, jaká je vlastně pravá hodnota kilogramu a jak

$\Delta\nu_{\text{Cs}} =$	9 192 631 770 Hz – frekvence hyperjemného přechodu v základním stavu atomu ^{133}Cs
$c =$	299 792 458 m/s – světelná rychlost (rychlost světla ve vakuu)
$h =$	$6,626\,070\,15 \cdot 10^{-34}$ J·s Planckova konstanta
$e =$	$1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19}$ C elementární elektrický náboj
$k =$	$1,380\,649 \cdot 10^{-23}$ J/K Boltzmannova konstanta
$N_A =$	$6,022\,140\,76 \cdot 10^{23}$ mol $^{-1}$ Avogadrova konstanta
$K_{\text{cd}} =$	683 lm/W – světelná účinnost monochromatického záření o frekvenci $540 \cdot 10^{12}$ Hz

Tab. 1 Fixované hodnoty fundamentálních fyzikálních konstant CODATA 2017 [3].

Paradox dvojčat jako pedagogický problém

Jiří Podolský¹, Aleš Trojáněk²

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

² Gymnázium Velké Meziříčí, Sokolovská 235/27, 594 01 Velké Meziříčí; trojane@gvvm.cz

Při výkladu speciální teorie relativity či základů obecné teorie relativity stojí učitelé na středních i vysokých školách před úkolem vysvětlit takzvaný paradox dvojčat. Ten ikonickým způsobem prezentuje samu podstatu Einsteinovy teorie, to jest, že čas není absolutní, neboť jeho hodnota měřená hodinami závisí na celé jejich konkrétní historii. Stejně hodiny s různou historií proto naměří různé časy – přesněji, odlišné časové intervaly mezi dvěma událostmi. Výklad „paradoxu“ dvojčat ovšem není jednoduchý. Ani klasické učebnice zde bohužel neposkytují podrobný návod, jak ho studentům srozumitelně a přitom fyzikálně správně objasnit. Právě to je cílem našeho příspěvku.

Začneme klasickou formulací problému a jeho obvyklým řešením. Tím připomeneme, o co přesně jde, jaké bývají nedostatky v samotném zadání i úskalí běžných argumentací. V následující části článku pak navrhneme pedagogicky přijatelnější způsob výkladu „paradoxu“ dvojčat. Jeho výhodou bude také to, že propojí argumenty i vzorce speciální a obecné teorie relativity způsobem, který (pokud je nám známo) nebyl v české didaktické literatuře dosud uplatněn.

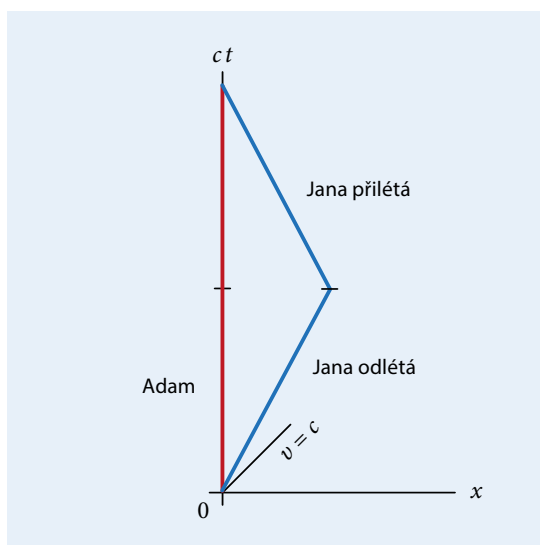
Klasické zadání úlohy

Na povrchu Země (inerciální soustavy) jsou dvojčata. Jedno z nich (Adam) zůstane na Zemi, druhé (Jana) odstartuje ze Země v kosmické lodi spojené s raketou a v krátké době nabude velké rychlosti $v < c$ (např. $v = 0,6 c$). Touto rychlostí se dlouho pohybuje.¹ Potom se brzděním zastaví, pohybuje se stejným způsobem zpět a vrátí se k Adamovi do místa, ze kterého Jana odstartovala (viz obr. 1). Jana má hodiny, které udávají její vlastní čas. Otázkou je, jaký čas budou tyto Janiny hodiny po návratu na Zemi ukazovat vzhledem k Adamovým hodinám, jestliže byly v okamžiku startu oboje nastaveny na výchozí čas 0.

Podle teorie relativity platí, že hodiny Jany (její vlastní hodiny) budou po návratu ukazovat menší hodnotu než hodiny Adama (jeho vlastní hodiny). To znamená, že celkově v raketě plynul čas pomaleji nežli na Zemi.

Tato asymetrie výsledku se zdá být v rozporu s principem relativity (v tomto případě však nesprávně aplikovaným), podle něhož jsou všechny inerciální soustavy rovnocenné, takže by naopak hodiny Adama měly ukazovat menší hodnotu než hodiny Jany po návratu.

¹ Protože v tomto textu budeme uvažovat pouze jednorozměrné (přímocharé) pohyby, pro jednoduchost vyjadřování budeme místo správného termínu „velikost rychlosti“ používat pojem „rychlost“.



Obr. 1 Prostorčasový diagram znázorňující historii Adama na Zemi (v inerciální soustavě) a Jany v raketě. Vodorovně doprava se vynáší vzdálenost x od Země, zatímco svisle nahoru Adamův čas t . Jednotky jsou zvoleny tak, že světlo se v tomto diagramu šíří pod úhlem 45° (neboli na svislé časové ose vynášíme ct , kde c je rychlost světla).

Nedostatky v zadání této úlohy

Problém vidíme hned na samém začátku. *Povrch Země není inerciální vztažná soustava*, na což může přemýšlivý student oprávněně poukázat. Na zemském povrchu přece všude působí síla gravitační přitažlivosti Země. Aby se Adam se svými hodinami nepropadl do středu planety, musí na něj působit síly zemského povrchu. Země se také otáčí kolem své osy, takže v daném místě působí odstředivá síla (a kdyby se po Zemi pohyboval, pak i další neinerciální síla Coriolisova). Je tu také gravitační slapové působení Měsíce

VYUŽITÍ PŘÍSTROJOVÉHO VYBAVENÍ LABORATOŘE PRO VODÍKOVÉ PALIVOVÉ ČLÁNKY V PŘÍPRAVĚ UČITELŮ FYZIKY

Martin Tomáš

Fakulta pedagogická, Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 8, 301 00 Plzeň; mtomas@ntc.zcu.cz

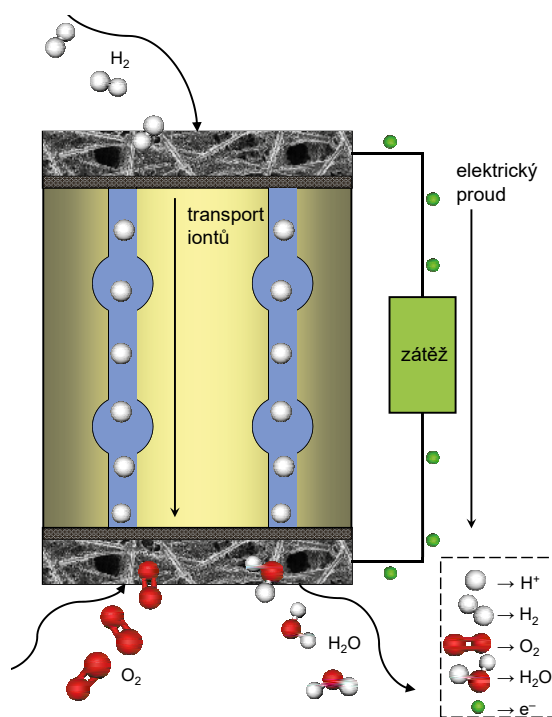
Článek je zaměřen na popis spolupráce výzkumného centra a pedagogické fakulty v oblasti přípravy učitelů fyziky. Diskutovány jsou možnosti implementace vědecké činnosti v oblasti vodíkových technologií do výuky. Shrnuty jsou zkušenosti z dosavadní spolupráce a návrhy aktivit, které umožňují zapojení studentů pedagogické fakulty do vědecké práce. Důraz je kladen na popis měření vlastností polymerních materiálů a následné zpracování výsledků.

Úvod

Jednou z nejceněnějších praktických činností pro budoucí učitele fyziky je participace na probíhající výzkumu a vývoji. Během těchto aktivit se studenti seznámí s aplikací teoretických poznatků, které jsou předmětem jejich oborového studia v bakalářském a navazujícím magisterském studijním programu. Navíc získají představu o reálné práci v laboratoři a uplatnění vědecké metodiky. V ideálním případě tyto poznatky a návyky přenesou do učitelské praxe například ve formě badatelsky orientované výuky. Z pohledu vědeckého pracovníka se pak jedná o nepřímý transfer vědeckého způsobu práce k žákům a studentům základních a středních škol.

V tomto příspěvku se budeme zabývat možnostmi zapojení vybavení laboratoře pro elektrochemii v základním a navazujícím vysokoškolském kurzu zaměřeném na přípravu učitelů fyziky. Laboratoř je vybavena kvalitním přístrojovým vybavením a přípravnou, ve které jsou možné i syntézy složitých polymerů. Hlavním zaměřením laboratoře jsou vodíkové palivové články s polymerní (iontově vodivou) membránou v nízkoteplotní i vysokoteplotní variantě. Laboratoř se zabývá výzkumem a vývojem jednotlivých komponent palivového článku a testováním kompletních palivových článků z hlediska jejich životnosti. V laboratoři pravidelně probíhají workshopy pro nadané studenty, výuka denního studia a akce pro veřejnost. Studenti pedagogické fakulty v laboratoři tvoří kvalifikační práce a absolvují praktická cvičení. Spolupráce s pedagogickou fakultou probíhá už téměř deset let a obsahem tohoto příspěvku je především popis vykonané experimentální práce a zkušenosti s výukou v reálné laboratoři.

Vodíkové palivové články (obr. 1) patří mezi perspektivní zdroje elektrické energie a setkáváme se s nimi stále častěji [1]. V současnosti můžeme pozorovat



Obr. 1 Schéma vodíkového palivového článku.

vat vodíkové palivové články v mobilních zařízeních (automobily, lodě, vlaky a letadla) i ve stacionárních jednotkách (soběstačné budovy, záložní zdroje). České firmy do tohoto sektoru investují stále více financí a zájem o vodíkové technologie roste. Existují významná konsorcia českých firem a institucí zabývajících se tímto typem technologií (Hytep, CZEMP) a objevují se stále nové aplikace, jako je například modulární systém od firmy Devinn. Budoucí učitelé fyziky a chemie tedy musejí tento trend následovat a jejich příprava se neobejde bez implementace poznatků o vodíkových technologiích. V budoucnu lze navíc očekávat, že se využí-

Fyzikální vzdělávání
Zkušenosti učitelů a nové metody výuky

Urbain Jean Joseph Le Verrier (1811–1877)

František Jáchim

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

Francouzský matematik a astronom Urbain Jean Joseph Le Verrier se proslavil především svým výpočtem polohy transurské planety – později na udané dráze objevené a pojmenované Neptun. Do galerie velkých francouzských matematiků a přírodovědců 18. a 19. století však náleží nejen z tohoto důvodu. Významně přispěl k rozvoji nebeské mechaniky a k posílení významu pařížské hvězdárny, za což byl vážen a uznáván. Nebyl však jednoduchou osobností.

O rozsahu práce U. J. J. Le Verriera se přesvědčíme pohledem na úplný soubor jeho publikací [1]¹, čítající 270 prací především z astronomie, ale také geodézie a meteorologie. V oblasti nebeské mechaniky můžeme Le Verriera považovat za pokračovatele autora *Nebeské mechaniky* Pierra Simona Laplace². Ten detailně popsal Sluneční soustavu jako stabilní systém těles pohybujících se s dlouhoperiodickými odchylkami podle fyzikálních zákonů, u něhož dokážeme zjistit jeho stav kdykoli v minulosti i budoucnosti.

Život

Urbain Jean Joseph Le Verrier se narodil 11. března 1811 v severofrancouzském městě Saint-Lô v rodině Louise-Baptisty Le Verriera a Marie-Jeanne de Baudre. Významu svého rodáka je si město vědomo dodnes. V jednom z překrásných městských parků je Le Verriera busta s deskou připomínající jeho nejvýznamnější životní úspěch. Na boku pomníku je návštěvník upozorněn nejen na Le Verrierův výpočet dráhy Neptunu, ale i na jeho zásluhy o rozvoj meteorologie. Jistě i pro studenty tamního lycea je velký matematik inspirující, když škola nese jeho jméno. Úctu studentů mj. dokládá deska u Le Verrierova hrobu na montparnasském hřbitově v Paříži, kterou tam v roce 2001 bývalí studenti lycea po restaurování náhrobu umístili. Vraťme se však na počátek astronomovy životní dráhy a sledujme jeho „cestu k planetám“, neboť především ony se staly jeho hlavním vědeckým zájmem.

Když Urbain Le Verrier ukončil v roce 1830 místní lyceum *Collège communal* s výborným prospěchem zejména v matematice, pokračoval ve studiích na *Collège Royal* v nedalekém Caen. V posledním roce studií se přihlásil k přijímacím zkouškám na pařížskou *l'École Polytechnique*, ale překvapivě neuspěl. Otec rozladěný ze synova neúspěchu u přijímacích zkoušek udělal rozhodný krok a poslal ho na *Institut Mayer*, kde syn



Urbain Jean Joseph Le Verrier (11. 3. 1811 – 23. 9. 1877)

získal především zásluhou ředitele Charlese Choqueta solidní základy v matematice. Současně prošel velmi náročnou matematickou soutěží, v níž získal druhou cenu. Její velká hodnota spočívala v tom, že mohl v roce 1831 nastoupit na *l'École Polytechnique* bez přijímacích zkoušek. Přes vynikající výsledky v matematice si jako předmět svého zájmu zvolil překvapivě zcela jiný obor – chemii. Vedl ho k tomu údajně zájem o poznání, pěstování a zpracování tabáku. Zdálo by se, že pod vedením Josepha Gay-Lussaca³ se Le Verrier bude chemii věnovat naplno, ale nestalo se tak. Snad ho Gay-Lussac svým přístupem dokonce od chemie odradil, neboť Le Verrier její studium na polytechnice nedokončil a přestoupil na *l'École d'application* na pařížském nábreží d'Orsay. Schopnost přesně a systematicky pracovat

1 Publikace byla vydána v roce 1911 ke stému výročí Le Verrierova narození.

2 Pierre Simon de Laplace (1749–1827), francouzský matematik, fyzik, astronom a politik. Jeho dílo *Traité de Mécanique céleste* – dílo vyšlo v 5 svazcích v letech 1799–1827.

3 Joseph Louis Gay-Lussac (1778–1850), francouzský fyzik a chemik, průkopník nauky o plynech, objevitel několika prvků.

Druhý ročník Ceny Albertus pro mimořádné učitele fyziky a informatiky

„Hlavním smyslem Ceny Albertus je upozorňovat na pozitivní příklady a na celospolečenský význam učitelů. V době distanční výuky si možná mnoho lidí uvědomilo, že učitel není jen vzdělavatel, ale že ve stejné míře formuje vztah ke konkrétnímu oboru a vytváří motivaci pro další studium.“

Doc. Martin Vlach, proděkan MFF UK pro PRopagaci

První ročník Ceny Albertus pro odborně a společensky výjimečné pedagogy v roce 2020 vyvolal značný zájem nejen mezi pedagogy, ale i mezi jejich studenty. Sešlo se 41 nominací a ocenění byli dva mimořádní učitelé fyziky: Mgr. Zdeněk Polák z Jiráskova gymnázia v Náchodě a RNDr. Vladimír Vícha z Gymnázia Pardubice, Dašická. Porota dále udělila Zvláštní cenu za informatiku Mgr. Petře Boháčkové ze ZŠ Dr. E. Beneše v Praze.

Cenu Albertus založilo osm subjektů (spolků, nadací či institucí), jimž není lhostejný další vývoj přírodovědného vzdělávání v ČR. Konkrétně jde o Matematicko-fyzikální fakultu UK (MFF UK), Jednotu českých matematiků a fyziků (JČMF), Fyzikální pedagogickou společnost JČMF, Českou fyzikální společnost, nadaci Elixír do škol, projekt Česká hlava, Svět techniky Ostrava a pražské Planetum. Ve druhém ročníku se připojily Česká společnost pro kybernetiku a informatiku (ČSKI), Jednota školských informatiků (JSI), Asociace ředitelů základních škol ČR, Škoda Auto. Mediálním partnerem je Československý časopis pro fyziku.

Systém hodnocení nominovaných učitelů, zohledňující nejen vlastní pedagogickou činnost, ale také společenskou aktivitu učitelů a jejich práci pro učitelskou komunitu, byl zachován i pro druhý ročník. Porotu vedou nadále doc. RNDr. Jiřím Dolejším, CSc., (MFF UK) obohatili: Vladimír Vícha – jeden z vítězů 1. ročníku, Vladimír Kořen – popularizátor vědy a novinář, Taťána Míková – meteoroložka, Petr Kulhánek – astrofyzik a další osobnosti.

Ve druhém ročníku se sešlo 30 nominací. Z nich porota vybrala šest finalistů, kteří se osobně prezentovali ve druhém kole. Porota pak vybrala po dvou laureátech za fyziku a informatiku (obr. 1). Ocenění byla vyhlášena a předána 27. října 2021 na finálovém galavečeru Českých hlaviček v Brně.

Za informatiku získaly cenu dvě dámy: Mgr. Štěpánka Baierlová (ZŠ Labyrinth, Brno) a Mgr. Barbora Haviřová, Ph.D., (Gymnázium Elgartova, Brno). Laureáta a laure-



Laureáti 2. ročníku cen Albertus: (zleva) Barbora Haviřová, Štěpánka Baierlová, Jitka Soukupová, Jaroslav Reichl. Foto: N. Žaludová, MFF UK

átku ceny Albertus za fyziku si představíme podrobněji.

Mgr. Jaroslav Reichl je absolventem MFF UK. Od roku 1999 učí fyziku, matematiku a aplikovanou matematiku na Střední průmyslové škole sdělovací techniky v Panské ulici v Praze. Na škole každoročně pořádá oblíbenou show s experimenty „Fyzikální cirkus“. Svým studentům zajišťuje zajímavé exkurze (např. do CERN), aktivně se podílí na vzdělávání svých kolegů a budoucích učitelů. Je zapojen do vzdělávacího projektu Heuréka a pravidelně se účastní Veletrhu nápadů učitelů fyziky. Je autorem učebnice „Klíč k fyzice aneb Příběhy ze života“ a provozovatelem internetové učebnice „Encyklopedie fyziky“. V roce 2016 byl v anketě Zlatý Ámos zvolen nejoblíbenějším fyzikářem.

PhDr. Jitka Soukupová vystudovala Pedagogickou fakultu Západočeské univerzity v Plzni. Od roku 1996 učí matematiku a fyziku na Gymnáziu a obchodní akademii Stříbro. Ve škole a v místním DDM vede *Kluby malých debujárů*¹, vlóní své žáky dovedla až k ocenění Zlatý oříšek. Kromě výuky se věnuje také lektorování pedagogů. Byla členkou české delegace učitelů na posledních

třech festivalech *Science on Stage*. Je spoluautorkou publikace „Experimentuj s náhledem s nápojovými plechovkami“, kterou v roce 2019 vydalo nakladatelství Fraus.

Jak bychom mohli po skončení druhého ročníku charakterizovat dosavadní laureáty Ceny Albertus? Jsou to učitelé, kteří jsou ochotni dělat mnohem více než „pouze“ plnit pracovní povinnosti ve škole. Dovedou předávat radost z poznání v oblasti fyziky nebo informatiky nejen studentům, ale co nejširšímu okruhu zájemců. Nikdy nejsou docela uspokojeni s vlastními výsledky a snaží se pořád zlepšovat.

„Kvalifikovaní, aktivní a tvořiví učitelé fyziky, informatiky, ale i dalších oborů jsou naprosto nezbytnou podmínkou pro další rozvoj tzv. znalostní společnosti a ekonomiky. Existují, ale zdaleka ne každý učitel je takový; navíc kvalifikovaných učitelů přírodních věd ubývá. Jejich nedostatek možná ještě všichni necítíme jako akutní problém, ale to je otázka několika málo let. Ceny Albertus se to snaží změnit cestou pozitivních příkladů a pozitivní motivace,“ rekapituluje smysl ocenění předseda poroty doc. Jiří Dolejší.

Popřejme cenám Albertus do dalších ročníků trvale rostoucí proslulost a co nejlepší naplnění cíle propagovat učitelskou profesi. (Zpracovala redakce na základě tiskových zpráv MFF UK)

¹ Hnutí „Les Petits Débrouillards“ (Malí šikulové) vzniklo v Kanadě a dostalo se k nám v 90. letech 20. století. Soustředí se na zprostředkování přírodních věd dětem pomocí hravých pokusů.

Cena *Doctorandus* za přírodní vědy pro Libora Šmejkalu

Jana Žďárská

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

V rámci slavnostního večera Česká hlava 2021 získal *Cenu společnosti Veolia, cenu Doctorandus za přírodní vědy* Mgr. et Mgr. Libor Šmejkal, Ph.D., z Fyzikálního ústavu AV ČR. Cena se uděluje za inovativní přístup, nejvýraznější počín, odbornou nebo vědeckou činnost studenta doktorského studijního programu, obzvláště pak v matematice, fyzice, chemii, biologii a medicíně. Laureát Libor Šmejkal získal cenu za výzkum v oblasti topologické anti-feromagnetické spintroniky.

Ocenění Česká hlava¹ za nejlepší patenty a objevy českých vědců je nejprestižnější české ocenění, jakého může vědec v tuzemsku dosáhnout. Je předáváno nejlepším vědcům, výzkumníkům a inovátorům v několika kategoriích již od roku 2002. Laureáty vybírá z desítek nominací odborná porota, složená z předních českých vědců, jako je emeritní rektor vysoké školy ekonomické Richard Hindls, psychiatr Cyril Höschl, bývalý předseda Akademie věd ČR Václav Pačes, místopředseda Akademie věd ČR Zdeněk Havlas a další. Ceny za rok 2021 byly uděleny začátkem prosince 2021 v Praze.

1 <https://www.ceskahlava.cz/>



Obr. 1 Ocenění Česká hlava je předáváno nejlepším vědcům, výzkumníkům a inovátorům v několika kategoriích již od roku 2002. Kredit: Česká hlava

Ocenění Česká hlava má několik kategorií. Jednou z nich je i Cena společnosti Veolia – cena *Doctorandus* za přírodní vědy, kterou obdržel Mgr. et Mgr. Libor Šmejkal, Ph.D.,² z Fyzikálního ústavu AV ČR za vývoj nového typu anti-feromagnetů, jejichž pomocí lze vést elektrický proud prakticky beze ztrát. Takové nízkoztrátové elektrony mohou nalézt v budoucnosti široké uplatnění například při zvýšení výdrže elektronických zařízení.

2 J. Žďárská: Cena Wernera von Siemens pro Libora Šmejkalu a Tomáše Jungwirtha. *Čs. čas. fyz.* 71, 245–246 (2021).

<https://ccf.fzu.cz>



Obr. 2 Laureáty vybrala z desítek nominací odborná porota, složená z předních českých vědců. Kredit: Česká hlava

Libor Šmejkal k tomu připomíná: „*Palivem rozvoje společnosti 21. století je neustálý vývoj elektronických součástek, které však spotřebovávají stále větší část světových zdrojů energie. Snížení spotřeby energie slibuje využití spinu – vnitřního magnetického momentu elektronu. Ovládnutí spinu elektronu bez rušivých magnetických polí nebo toxických prvků je ovšem obrovská výzva, protože v běžných krystalech se elektrony vyskytují v párech s opačnými, navzájem se rušícími spiny.*“



Obr. 3 Slavnostní večer proběhl v historické stavbě (z roku 1906) Staré čistírny odpadních vod v Bubenči. Kredit: Česká hlava

Bačkorový astronom na cestách za tmou

Jana Žďárská

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

Za asistence profesionálních astronomů – předsedy České astronomické společnosti profesora Petra Heinzela z Astronomického ústavu AV ČR a doktora Pavla Ambrože – proběhl v Kongresovém centru Aldis v Hradci Králové křest knihy Zdeňka Bardona *Bačkorový astronom na cestách za tmou*. Hlavním „křestním otcem“ knihy byl matematik a amatérský astronom profesor Miloslav Druckmüller, kterému sekundovalo osm srdcařů, tedy osob, které se na vzniku knihy nějakým způsobem podílely. Křtilo se čistou planetární substancí, vsublímovanou do šumivého sektu.

Všichni občas někde cestujeme. Za krásami naší vlasti, za přáteli, také za prací anebo za studiem... Ne tak ovšem Zdeněk Bardon¹. Ten to má trošičku jinak. Ale to nás, co jej dobře známe, nepřekvapuje, protože jak sám Zdeněk říká: „Obecně bych se charakterizoval jako nadšenec do všeho nového a mezi přáteli jsem si vysloužil přezdívku ‚buldozer‘. To neznamena nic hanlivého, ale je to jen popis toho, že jakmile mám nějakou myšlenku, jsem ochoten pro ni i ‚zemřít‘.“ A tak v duchu svých idejí a přesvědčení Zdeněk Bardon cestuje především za tmou.

Snad se někdo podiví, zda je nutno za tmou cestovat, když si nás ona sama každý večer snadno najde. Jenže není tma jako tma. A astrofotograf-astronom Zdeněk Bardon vysvětluje: „Dříve bylo možno pozorovat hvězdy téměř odkudkoliv, třeba i od nás z Rasošek². Ale v současné době je to již prakticky nemožné. Souměstí Hradce Králové a Pardubic, v jejichž blízkosti bydlím, produkuje tak vysoký světelný smog, že na obloze není kromě největších planet Sluneční soustavy prakticky nic jiného vi-



Bardon, Zdeněk. *Bačkorový astronom na cestách za tmou*.

1. SÚH Hurbanovo: Slovenská ústredná hviezdáreň Hurbanovo, 2021. ISBN 978-80-89998-15-9.

dět. Nastala nemilá doba, kdy je třeba i za tmou cestovat a také za tmou ‚bojovat‘. Naštěstí jsou ještě místa s tmavou oblohou³ v naší zemi, kde je možné za tmy hvězdy pozorovat dobře, ale není jich mnoho.“

Je dobré připomenout, že kniha *Bačkorový astronom na cestách za tmou* není první knihou Zdeňka Bardona. Na svém kontě má již knihu *Bačkorový astronom od brýlových čoček po NASA*⁴. Autor k tomu dodává: „Druhý díl pomyslné série knih o bačkorové astronomii⁵ má docela zajímavou historii. První díl jsem napsal i proto, že jsem měl doma jednatřicetiletého, těžce postiženého syna a s mojí paní jsme se museli střídat v jeho opatrování. Druhý díl jsem naopak svému synovi Jakubovi věnoval. Oba díly knihy nejsou klasickou naučnou publikací o astronomii, ale věnují se především fotografování, cestování a observatořím – jemně okořeněným humornými příběhy, které se ale doopravdy staly.“

1 Z. Bardon, J. Žďárská: Díky astrofotografům hvězdy nehasnou. *Čs. čas. fyz.* **70**, 155–162 (2020).

2 Rasošky u Josefova, Královéhradecký kraj.



Křest knihy *Bačkorový astronom na cestách za tmou* proběhl v Kongresovém centru Aldis v Hradci Králové za účasti významných českých astronomů. Foto: Petr Soukeník

3 Oblast omezující znečištění umělým světlem se nazývá tmavou oblohou.

4 ISBN 978-80-89998-04-3.

5 Humorný název pro robotickou observatoř a astronomii, provozovanou na dálku z tepla domova v bačkorách.

Dotkni se (exo)planet...

Jana Žďárská

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

Výstava *Dotkni se (exo)planet* se v listopadu roku 2021 pokusila neotřelým způsobem přiblížit vzdálené vesmírné světy. Návštěvníci měli jedinečnou možnost prohlédnout si modely planet a exoplanet pěkně zblízka, a to včetně modelů jejich povrchů, reprezentujících reliéf i mineralogickou a horninovou skladbu. Expozici doprovázely informační panely, které shrnuly nejnovější poznatky současné vědy. Výstavu v rámci festivalu Týden Akademie věd ČR připravil RNDr. Martin Ferus, Ph.D., se svým týmem z Oddělení spektroskopie Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR s podporou programu AV ČR Strategie AV21 – Vesmír pro lidstvo a ve spolupráci s Ing. Liborem Lenžou z Hvězdárny Valašské Meziříčí.

Když byla v roce 1988 objevena první exoplaneta¹, která navíc musela na své potvrzení čekat až do roku 2002, byla to pro výzkum vesmíru významná a důležitá zpráva. Od té doby bylo potvrzeno již 4 884 exoplanet ve tři a půl tisíci planetárních soustav. Nejvíce z nich objevil vesmírný teleskop Kepler², aktivní především v letech 2009–2013, který má na svém kontě 2 662 potvrzených objevů exoplanet a několik tisíc planetárních kandidátů. Předpokládá se, že podle dosavadních pozorování připadá v průměru na každou hvězdu nejméně jedna planeta, přičemž velké procento hvězd má planet více.

Vědecké poznání kráčí mílovými kroky a ve výzkumu exoplanet obzvláště. Před několika desetiletími neexistovaly vědecké důkazy, že by i u ostatních hvězd mohly být planety, tak jako jsou u našeho Slunce. Planety naší Sluneční soustavy, které při příznivých pozorovacích podmínkách můžeme vidět i pouhým okem, tak byly jediné známé cizí světy. A přestože jsou k naší Zemi poměrně blízko, jejich



Obr. 1 Vlevo truhlář Jaroslav Prchal z Jenichova, který vytvořil podstavce pro planety, vpravo Ing. Libor Lenža a Dr. Lukáš Nejd, kteří pomáhali planety kompletovat.

fyzikální a chemická podstata byla až donedávna velkým tajemstvím a mnoho z těchto tajů si uchovávají dodnes. „Nejzásadnější otázkou je samozřejmě výskyt života v minulosti či jeho přetrvání až do současnosti. Fascinující je také související záhada, zda Mars a Venuše kdysi v minulosti připomínaly Zemi, a co se stalo, že nyní jsou to světy tak rozdílné. Z hlediska poznání základní chemie prostředí na planetách je jednou velkou záhadou například Venuše, a to nejen z důvodu

- ¹ Též extrasolární planeta – planeta obíhající kolem jiné hvězdy než kolem Slunce.
- ² Mise NASA s úkolem hledat vzdálené exoplanety podobné Zemi, během jejíhož působení bylo prozkoumáno více než 100 tisíc hvězd v souhvězdí Labutě a Lyry. Kamera disponovala rozlišením 95 megapixelů.



Obr. 2 Hotové exponáty při převozu do foyer Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského.

Může astronomie pomoci s hledáním nalezišť ropy a plynu?

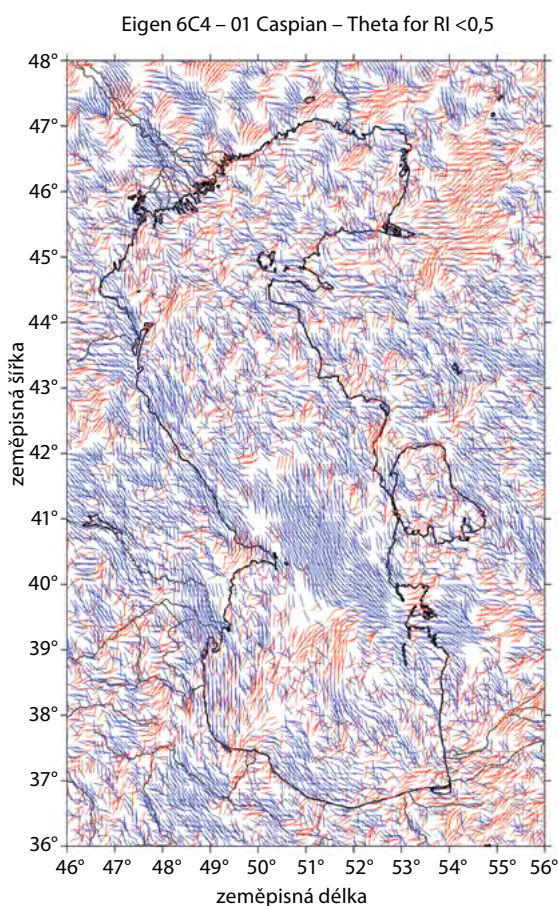
Jana Žďárská

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

Obsáhlá vědecká práce kolektivu Klokočník J., Kostecký J., Bezděk A. a Cílek V., nazvaná *Prostorové rozdělení úhlu napětí odvozené z gravitačního modelu EIGEN 6C4 – nová možnost pro prospekci ropy a zemního plynu?*, vyšla v roce 2021 v renomovaném časopise *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*¹. Prof. Jaroslav Klokočník spolu s Dr. Václavem Cílkem, prof. Janem Kosteckým a doc. Alešem Bezděkem objevili při průzkumu impaktních kráterů na Zemi korelaci mezi existencí známých obřích ložisek uhlovodíků a jedním z gravitačních aspektů, tj. veličin odvozených z modelu gravitačního pole Země. Metoda nevyžaduje lokální hloubkové práce a mohla by tak být levným nástrojem pro pomoc při předběžné prospekci ve vzdálených oblastech.

Astronomie a astrofyzika jsou typickým příkladem tzv. základního výzkumu. Zkoumají vesmír, ale výsledky jejich výzkumu se aplikují do oblastí běžného života s určitým zpožděním. V této souvislosti můžeme připomenout současné lety do vesmíru, které se uskutečňují na základě Keplerových zákonů, formulovaných před 400 roky.¹

Skupina odborníků na dráhovou dynamiku umělých družic Země a gravitační pole Země, soustředěná kolem profesora Jaroslava Klokočníka, v roce 2012 při průzkumu impaktních kráterů na Zemi objevila – čistě náhodou – korelaci mezi existencí známých obřích ložisek uhlovodíků a jedním z gravitačních aspektů (deskriptorů), tj. veličin odvozených z modelu gravitačního pole (EM)². Tyto modely se vyhotovují na základě znalostí dráhové dynamiky umělých družic Země rozbořem rozmanitých družicových a nedružicových dat. Zde došlo k podstatnému pokroku v globálním pokrytí, přesnosti a rozlišovací schopnosti díky gradientometrickým měřením z družice ESA GOCE (*Gravity and Ocean Circulation Explorer*). Profesor Klokočník k tomu dodává: „Vypadá to jako zdánlivý nesmysl, jak pomocí družicových dat můžeme vytipo-
vávat místa nalezišť ropy a zemního plynu. Ale testovali jsme to na známých nalezištích a funguje to. Napadlo



Příklad testovacího regionu k detekci lokalit s možnou akumulací ropy a zemního plynu (oblasti výrazně učešaných úhlů napětí). Autor: Jan Kostecký

- 1 J. Klokočník, J. Kostecký, A. Bezděk, V. Cílek: The spatial distribution of the strike angles derived from EIGEN 6C4 gravity model – a new possibility for oil and gas exploration? *Int. J. Oil Gas Coal Technol.* **28**, 306–332 (2021). Dostupné na: <https://doi.org/10.1504/IJOGCT.2021.10037627>.
- 2 EM je soubor čísel charakterizujících zemské gravitační pole, která se počítají z rozmanitých družicových a dalších měření.

Nebeské úkazy nepočkají, až se vyspíte

Rozhovor s Pavlem Suchanem, místopředsedou a tiskovým tajemníkem České astronomické společnosti a předsedou Odborné skupiny pro světelné znečištění

Jana Žďárská

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

Astronomie nás provází životem snad od počátku věků. Už naši předci pátrali po smyslu nebeských úkazů a snažili se je pochopit. A i když dnes máme k pozorování vesmírných objektů sofistikované prostředky a robotické dalekohledy, člověk mnohdy i sám jen tak za jasné letní noci rád pozvedne oči k poblikávajícím souhvězdím, pohladí očima Měsíc a usměje se, když spatří „padající hvězdu“. A když se řekne slovo astronomie, musí se zmínit i jméno Pavel Suchan. Protože pokud někdo ještě neslyšel o astronomii, o Pavlu Suchanovi slyšel určitě. Pavel ví o všem, co se na nebi šustne. A novináři vědí, že to Pavel ví. A on sám k tomu dodává: „Můj mobilní telefon je neustále zapnutý a novináři vědí, že mi mohou zavolat klidně i o půlnoci.“ A jak se žije člověku, který má diář naplněný minutu po minutě na několik měsíců dopředu? Na to jsme se zeptali přímo Pavla Suchana z Astronomického ústavu AV ČR.

Jana Žďárská: Jako tiskový mluvčí spolupracujete s mnoha významnými médii, ve kterých se vyjadřujete k různým astronomickým úkazům. Taková práce asi nectí noc či dovolenou. Jak často vás vesmírné úkazy „tahají z postele“?

Pavel Suchan: To se stalo mnohokrát. Jdete spát a do toho se ozve alert, esemeska, telefon. Polární záře, noční svítící oblaka – to jsou úkazy, které na vás nepočkají, až se vyspíte. A vždy jsem je chtěl vidět nejen proto, že tiskový mluvčí by měl vidět a vědět, co se děje, aby nemluvil od stolu, ale také pro ten zážitek. Dovolena v této profesi je problém. Rozhovory jsem natáčel samozřejmě i na chalupě během víkendu, uprostřed lesa na výletě, na břehu Jaderského moře, na zámku či v Africe. Můj mobilní telefon je neustále zapnutý a novináři vědí, že mi mohou zavolat v jakoukoliv denní či noční hodinu, klidně i o půlnoci.

■ **JŽ:** Působíte jako místopředseda ČAS (Česká astronomická společnost) a jste i jejím čestným členem. Co považujete za svůj největší pracovní úspěch a co pro vás vaše práce znamená?

PS: Nerad bych vyzdvihoval jednu věc, protože se snažím, aby všechno, co dělám, mělo smysl a někomu nebo něčemu pomohlo. Moc mě potěšil obrovský zájem o všechny tři turné amerického astronauta Andrewa Feustela, na jejichž přípravě jsem se podílel a při kterých jsem měl tu čest ho doprovázet. Asi největší uspokojení mám z dlouholeté, už dvacetileté postupné mravenčí práce na omezování světelného



Obr. 1 Fotografie z časové laboratoře na Petřínské hvězdárně, odkud se řídilo pozorování zákrytů hvězd Měsícem, rok přibližně 1974. Foto: osobní archiv Pavla Suchana

znečištění, což se konečně začíná dařit. Ale obrovský smysl mají i drobnosti. Když se na turné astronauta Feustela musela v Pardubicích z bezpečnostních dů-

Zemřel úspěšný technik Ivan Lehraus

Jan Hladký

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

Ivan Lehraus se narodil 12. 12. 1933 v Trutnově v rodině úředníka. Po pěti třídách obecné školy studoval na reálném gymnáziu, kde v roce 1953 maturoval. Na Fakultě elektrotechnické Českého vysokého učení technického (ČVUT) v Praze studoval pět semestrů. Poté nastoupil v roce 1956 do Fyzikálního ústavu Československé akademie věd v Praze (FÚ ČSAV) jako technik. Pečlivě plnil svěřované úkoly, které byly často i na úrovni kvalifikace inženýra. V polovině dubna 1957 získal ve skupině kosmického záření II, kterou vedl RNDr. Pavel Chaloupka, CSc., pracovní místo odpovídající pozici „technika II. stupně“.

V říjnu 1957 nastoupil Lehraus na povinnou dvouletou vojenskou službu a na uvolněné místo inženýra asistenta ve skupině II Oddělení vysokých energií a kosmického záření FÚ ČSAV jsem nastoupil já. Stal jsem se tak jeho následovníkem v práci na měření kosmického záření v rámci Mezinárodního geofyzikálního roku (1957). Měření probíhala v Praze a na Slovensku ve Vysokých Tatrách na Lomnickém štítě a poté i v dalších několika letech. Měření běželo 24 hodin denně pomocí aparatur, které používaly několik elektronických metod [1].

Po návratu z vojenské služby do FÚ ČSAV měl Ivan Lehraus pracovní nejbližší opět k RNDr. Přemyslu Mokrému, zástupci vedoucího skupiny II. Řešili spolu často technické otázky spojené s vylepšením funkcí elektronických aparatur pracujících nepřetržitě již řadu měsíců. Jednalo se zejména o mezonový kubický teleskop, který měl několik řad Geigerových-Müllerových počítačů detekujících elektricky nabitě částice a rovněž neutronový monitor, registrující neutrální hadrony. Oba detektory byly umístěny jak na Karlově v Praze, tak na Lomnickém štítě. Do Vysokých Tater jsme často létali z Prahy do Popradu. Jednou jsme tam s Ivanem letěli spolu. Následkem špatného počasí byl let velmi neklidný a jemu se udělalo velmi špatně. Od té doby tam přestal létat.

S I. Lehrausem jsme chodili každý týden do ústavní knihovny v Křemencově ulici studovat nové zprávy z našeho oboru v zahraničních časopisech. Obě vedoucí pracovnice knihovny – I. Málková a A. Puchtová – nám při vyhledávání potřebných informací velmi ochotně pomáhaly. Do knihovny jsme z našich pracovišť často šli pěšky a diskutovali přitom také pracovní problémy. V našem volném čase jsme spolu s Ivanem často navštěvovali různé výstavy výtvarného umění a také ateliéry umělců. Ivan měl zájem o koupi výtvarného



Obr. 1 Ivan Lehraus

objektu pro svůj byt. Rovněž jsme se spolu dlouhou dobu věnovali sportům, v létě zejména tenisu, v zimě lyžím a bruslím.

V prosinci 1959 se Ivan v Praze oženil s Evou (*1937), která pocházela z umělecké rodiny – loni by oslavili 63 let od své svatby. Eva studovala v období 1955–60 na Filosofické fakultě Karlovy univerzity hudební vědu. Byla vždy činná v oblasti hudební kultury. Učila v letech 1960–68 na Divadelní fakultě DAMU na loutkářské katedře. Z manželství vzešly dvě dcery – Káťa a Jana.

Ivan Lehraus se pokusil o dostudování elektrotechniky na ČVUT. Nastoupil tam na dálkové studium elektrotechnického inženýrství, ale po završení 4. ročníku, na začátku zimního semestru v říjnu 1960, studium (z důvodů rodinných potíží – zejména bytových a rovněž kvůli služebním cestám do zahraničí) opustil a již se k němu více nevrátil.

Po předání observatoře na Lomnickém štítě z Československé akademie věd v Praze Slovenské akademii věd v Bratislavě koncem roku 1961 skončila rovněž i v Praze na Karlově několikaletá etapa elektronického měření všech druhů kosmického záření. Pracovníci skupiny II, kteří nepracovali stále na Lomnickém štítě, byli v Praze přerazeni spolu se skupinou I do nového Oddělení vysokých energií (VE) FÚ ČSAV, pod vedením RNDr. Jaroslava Pernegra, CSc. K nim patřil i Ivan Lehraus, který zůstal dále spolu s RNDr. Přemyslem Mokřým a dalšími techniky na pracovišti, jež se na-

Obsah a autorský rejstřík

Čs. čas. fyz. sv. 71 (2021)

číslo 1 (Nobelova cena za fyziku 2019)	str. 1–94	číslo 4	str. 267–336
číslo 2	str. 95–176	číslo 5	str. 337–412
číslo 3	str. 177–266	číslo 6	str. 413–484

Obsah

Aktuality

Martin Zuckerstein, Martin Kozák, František Trojánek, Petr Malý: <i>Koherentní vibrace diamantové mříže vedoucí k ultrarychlé terahertzové optoelektronice</i>	2	108
Jiří Chýla: <i>Byla ve Fermilabu a CERN objevena „nová fyzika“?</i>	4	270
Šimon Kos, Jiří Rezek: <i>Přechod kov–izolant ve službách lidstva</i>	6	427
Tomáš Halenka: <i>Nobelova cena za fyziku ocenila modelování klimatické změny</i>	6	431

Fyzikální vzdělávání

Věra Krajčová: <i>Tři generace v jedné fyzikální laboratoři – Smíchovská průmyslovka třetího věku</i>	1	41
Jana Žďárská: <i>Astronomická olympiáda v době temna</i>	2	112
Martin Černožorský, Jana Musilová: <i>Newtonovy zákony – retrospektiva a současnost. Vžití mylné představy vyvolané literaturou, učebnicemi a tradiční výukou versus pravý obsah</i>	2	116
Marie Fojtíková, Jana Musilová, Martin Černožorský: <i>O Newtonových pohybových zákonech a o fyzikálním vzdělávání s profesory Masarykovy univerzity Janou Musilovou a Martinem Černožorským</i>	2	134
Stanislav Gottwald, Jakub Jandus, Vít Železný: <i>Legometrie aneb Michelsonův interferometr očima středoškolských studentů</i>	3	202

Jan Kožuško, Jana Žďárská: <i>Historicky první virtuální finále Astronomické olympiády – Příklad z celostátního kola astronomické olympiády</i>	3	210
Pavla Wegenkittlová, Vladimír Vochozka: <i>Tensegritní struktury</i>	4	299
Karol Jesenák: <i>Antuková fyzika, chémia a geológia</i>	4	302
Jan Valenta: <i>Experimenty na antukovém hřišti</i>	4	307
Jiří Tesař, Veronika Burdová, Vladimír Vochozka, Pavla Wegenkittlová: <i>Hodnocení obtížnosti textu učebnic a test didaktické vybavenosti vybraných učebnic fyziky pro základní školu</i>	5	368
Jana Žďárská: <i>Jak se rodí příklady pro Astronomickou olympiádu</i>	5	372
Ondřej Theiner: <i>Skleníkový efekt na fiktivní exoplanetě</i>	5	373
Jaroslav Reichl: <i>Advent 2020 s fyzikou</i>	5	375
Josef Hubeňák: <i>Jen písknout a změřit rychlost šíření zvuku v kovech</i>	6	438
Jan Kříž, Ivo Čáp, Filip Studnička, Lubomír Mucha, Lubomír Konrád: <i>České a slovenské úspěchy na mezinárodních fyzikálních olympiádách v roce 2021</i>	6	442

Historie fyziky

Vladimír Štefl: <i>Gaussovo určování dráhy nebeských těles</i>	1	46
Filip Grygar: <i>Ideová východiska kvantové teorie a Schrödingerova návštěva Kodaně v říjnu 1926</i>	1	56
Prokop Jandek: <i>Dynamitka Alfreda Nobela v Zámčích u Prahy – 150 let</i>	2	138



Karol Jesenák: <i>História výroby výbušnín v Bratislave</i>	2	147
Juraj Šebesta: <i>James Clerk Maxwell</i>	3	214
Patrik Novotný: <i>Počátky jaderné a subjaderné fyziky v zemi vycházejícího Slunce</i>	3	226
Jan Valenta: <i>Československý časopis pro fyziku sedmdesátiletý</i>	3	229
Vladimír Štefl: <i>Zákony pohybu planet od Keplera po Newtona</i>	5	378
Alena Šolcová, Jan Valenta: <i>Vytváření českého názvosloví v díle J. F. Smetany a jeho předchůdců v 18. a 19. století</i>	6	446
Jan Valenta (ed.): <i>O čem psal Čs. čas. fyz. před 50 lety v roce 1971 (ročník 21)</i>	6	454

Jiné

Red.: <i>Obsah a autorský rejstřík Čs. čas. fyz. sv. 70 (2020)</i>	1	90
--	---	----



AFO 57 offline

Brzy se opět potkáme!

57. mezinárodní festival
populárně-vědeckých filmů

57th International Festival
of Science Documentary Films



AFO

Academia Film Olomouc
26/4-1/5/2022

Abstracts of selected articles

Inertial fusion research: An important step forward

Jiří Limpouch

This article describes an important step forward for inertial fusion ignition achieving a fusion yield of more than 1.3 MJ in August 2021, which is 25 times higher than the best published result. Brief information is presented about the obstacles encountered on the path to inertial fusion energy production. Finally, the Czech Republic's contribution to the research is summarized.

Complexity and disorder in physical systems from atomic to planetary scales

Václav Janiš

One half of the Nobel Prize in Physics 2021 was awarded to Giorgio Parisi for his discoveries leading to understanding of the interplay of disorder and fluctuations in physical systems. By studying theoretical models of diluted magnetic materials and spin glasses, Parisi discovered hidden symmetries leading to macroscopic ordering in seemingly completely disordered microscopic systems. This article lays out Parisi's way to the Nobel prize starting from experimental evidence of long-range order in spin glasses, and continues with the early attempts to solve theoretical models using the replica trick to manage randomness, and finally Parisi's fundamental discovery of a hierarchical ultrametric structure of the replica symmetry breaking. The Parisi construction leads to infinite-many order parameters in replica space without which low-temperature multiple equilibria of spin glasses cannot be consistently described. Finally, a thermodynamic interpretation of the Parisi replica-symmetry breaking without using the replica trick is presented.

Kilogram, Kibbl scales and how to bring them closer to students

Leoš Dvořák, Miloš Rotter

The new definition of the SI system of units uses the Kibble balance as the basic device for determining masses. It is a sophisticated device whose accuracy and reproducibility are continually improving. The design of the Kibble balance is constantly developing. In this article we show its current state, and we describe how to build a simple model, which can bring its principle closer to physics teachers and their students.

Twin paradox as a pedagogical problem

Jiří Podolský, Aleš Trojánek

The iconic "twin paradox" illustrates the specific nature of time in Einstein's theory of relativity. Although there is no paradox, it is not easy for teachers at secondary schools to describe convincingly that the solution is consistent and unique. We summarize the usual approaches to this "paradox of time" based on special relativity and suggest an alternative, which considers uniformly accelerated observers. By applying the principle of equivalence, such a solution leads to identical results obtained in general relativity.

Use of laboratory equipment for hydrogen fuel cells for training physics teachers

Martin Tomáš

This article describes cooperation between the research centre and the faculty of education for courses for physics teachers. The possibility of implementation of results from research and development of hydrogen technologies for educational purposes is discussed. A short summary of the cooperation is provided and student activities, focused on polymer membrane investigation and subsequent interpretation of results, are described.