

5 / 2020
SVAZEK 70

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS **PRO FYZIKU**®

- POZNÁMKY KE STRATEGII 2030+ • STO LET PŘÍRODOVĚDECKÉ FAKULTY •
- OPTICKÉ METAPOVRCHY A 2D OPTIKA • MODERNIZACE PERKOVA TELESKOPU
- VILÉM KUNZL – VEDEC, PEDAGÓG, ORGANIZÁTOR • VODA A JEJÍ TAJEMSTVÍ •



ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU 5/2020

Založen roku 1872 jako
„Časopis pro pěstování matematiky a fyziky“
Vydává Fyzikální ústav Akademie věd
České republiky, v. v. i.
Vychází 6 čísel ročně,
uzávěrka tohoto čísla: říjen 2020.

Founded in 1872 as „Časopis pro pěstování
matematiky a fyziky“ „The Journal for
Cultivation of Mathematics and Physics“
Published bimonthly in Czech and Slovak by
Institute of Physics, v. v. i.
Academy of Sciences of the Czech Republic

Vedoucí redaktor – Editor-in-Chief:
Jan Valenta

Výkonná redaktorka:
Jana Žďárská

Oboroví redaktoři – Associate Editors:
Jaroslav Bielčík, Pavel Cejnar, Juraj Fedor,
Petr Kácvovský, Jiří Limpouch, Jan Mlynář,
Karel Rohlena, Alena Šolcová, Patrik Španěl,
Karel Výborný, Ivan Zahradník

Redakční rada – Editorial Board:
Ivo Čáp, Stanislav Daniš, Pavel Demo,
Ivan Gregora, Libor Juha, Jan Kříž, Štefan Lányi,
Jana Musilová, Tomáš Polívka, Aleš Trojánek,
Eva Klimešová, Martin Ledinský

Sekretariát redakce:
Ondra M. Šípek
Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.
Na Slovance 2, 182 21 Praha 8
tel.: +420 266 052 152, fax: 286 890 527
e-mail: cscasfyz@fzu.cz

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

Jazyková úprava:
Stanislava Burešová, Lýdia Murtinová

Vedoucí výroby a grafik:
© Jiří Kolář

Tisk: Grafotechna plus, s. r. o.
Cena jednoho výtisku je 85 Kč.
Objednávky a prodej jednotlivých čísel
v ČR vyřizuje redakce.
Na Slovensku časopis rozšiřuje
Jednota slovenských matematik a fyziků,
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 © 2020 Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.



Úvodník

Nejprve smích a potom zamyšlení – Ig Nobelovy ceny



Počátkem října jsme se jako každoročně dozvěděli jména vědců, kteří si v prosinci převezmou to nejprestižnější z vědeckých ocenění – Nobelovu cenu – z rukou švédského krále (zde musím upravit: letos proběhne jakási distanční předání, které by mělo být napraveno o rok později). Dobu napjatého čekání na tuto slávu už třicet let zpestřuje zářijové vyhlášení Ig Nobelových cen (IgNC). Letos se, ze zřejmých příčin, oznámení a představení laureátů i celá zábavná ceremonie (včetně tradiční minipery) nekonal před tisícovkou diváků v Sandersově divadle na Harvardově univerzitě v Cambridge, MA, ale pouze formou předtočeného videa (to lze nalézt na stránkách www.improbable.com, stejně jako záznamy z předchozích let).

Co vlastně jsou a nejsou Ig Nobelovy ceny? Rozhodně se nejedná o obdobu Bludných balvanů Klubu skeptiků, které jsou udělovány za pavědu, ani o Nobelovy anticeny (ve stylu filmařské Zlaté maliny), jak tvrdil jistý nejmenovaný český deník. Zakladatel Ig Nobelových cen *Marc Abrahams* je charakterizuje takto: Základní ideou je ocenit, či spíše upozornit na výsledky, které si jistě „grand-and-glorious“ uznání zaslouží, ale mají jen malou šanci jej získat. Nutno poznamenat, že některé udělené ceny však připomínají Balvany, např. cena pro J. Benvenisteho za „paměť vody“.

Osoba zakladatele IgNC je pro pochopení této recesistické akce klíčová. Marc Abrahams absolvoval na Harvardu obor aplikovaná matematika a údajně tam o ročník výše studoval Bill Gates. Také Abrahams jako jeho slavnější předchůdce založil softwarovou firmu, ale pak se mu stala osudnou záliba v humorném psaní o vědeckých kuriozitách. Někdy v roce 1990 se rozhodl, že by se měl pokusit o publikovat. Někdo mu poradil podivný časopis *Journal of Irreproducible Results*, který tehdy skomíral. Odpovědí na zaslané práce mu bylo vyzvání, zda by nechtěl být šéfredaktorem tohoto časopisu. Tehdy Abrahams zjistil, že nemůže říci ne – příliš jej to lákalo. A tak se za téměř nulové podpory vydavatelského domu pokusil časopis oživit. A když se mu to (po několika letech) téměř podařilo, nakladatelství rozhodlo o jeho zastavení. Aby však veškeré úsilí nepřišlo vniveč, založil Abrahams spolu s dříve získanými spolupracovníky roku 1994 časopis *Annals of Improbable Research* (zkráceně AIR). Také začal vydávat knihy, psát sloupky do novin, blogy apod. A Ig Nobelova cena jím vymyšlená v roce 1990 je součástí těchto

aktivit. Marc Abrahams tvrdí, že mu trvalo dvanáct let, než nalezl stručnou „definici“ *nepravděpodobného výzkumu* jako toho bádání, které vás nejprve rozesměje a poté přivede k zamyšlení.

Nyní zpět k cenám. Jsou udělovány (celkem deset cen ročně) v různých kategoriích, někdy shodných se skutečnými Nobelovými cenami, jindy definovaných vtípně *ad hoc* – např. Cena za výživu, Kognitivní cena, Cena za arktickou vědu, Pravděpodobnostní cena atd. Předávají je osobně držitelé skutečných Nobelových cen a ocenění autoři bývají osobně přítomni. Českým vědcům (z PŘF UK Praha) byla udělena IgNC dvakrát v roce 2014: Cena za biologii pro skupinu Hynka Burdy za „podrobnou dokumentaci, zda psi při tom, když vykonávají potřebu, preferují severojižní orientaci podle zemského magnetického pole“, a Cena za veřejné zdraví pro skupinu Jaroslava Flegra za výzkum, „zda je pro člověka mentálně riskantní chovat kočky“ (osobní přítomnost zástupců týmů lze vidět v záznamu ceremoniálu). Zde bych poznamenal, že nominovat humorný výzkum na IgNC může každý. Vybraní potenciální laureáti jsou předem osloveni s možností odmítnout cenu – pak se jejich jméno nikde neobjeví a zvolí se jiní laureáti. Odmítnutí se prý stává zřídka.

Existuje jeden slavný případ, kdy nositel Ig Nobelovy ceny později získal i skutečnou Nobelovu cenu. Byl jím Andrej Geim, který získal roku 2000 IgNC za fyziku se sirem M. Berrym za levitující žáby¹ a roku 2010 NC za fyziku s kolegou Kostou Novoselovem za grafen. Oba experimenty patřily k tzv. experimentům páteční noci. Nápad zkusit z grafitu odtrhnout uhlíkovou monovrstvu obyčejnou lepicí páskou vedl ke vzniku nového vědního oboru 2D elektronických materiálů.

Je zřejmé, že česká věda má na to, zabodovat v Ig Nobelových cenách více než v těch klasických. Za 120 let do Čech připutovala jen jedna vědecká Nobelova cena, kdežto za 30 let dvě Ig Nobelovy ceny. My, milovníci Švejků, Saturnů a Cimmana, bychom se měli snažit urvat i nějaká ta fyzikální IgNC ocenění, ne? Ale teď vážně – není od věci si občas udělat nějaký ten „páteční“ experiment a občerstvit si hlavu od impaktů, procentilů a H-indexů. Kreativita a myšlení „mimo škatulky“ se musí pěstovat. Múzy létají všude kolem nás, ale políbí jen ty připravené.

Jan Valenta

¹ M. V. Berry, A. K. Geim: „Of flying frogs and levitrons“, *Eur. J. Phys.* **18** (1997) 307.

Obsah

OTÁZKY A NÁZORY

Poznámky ke Strategii 2030+ 318

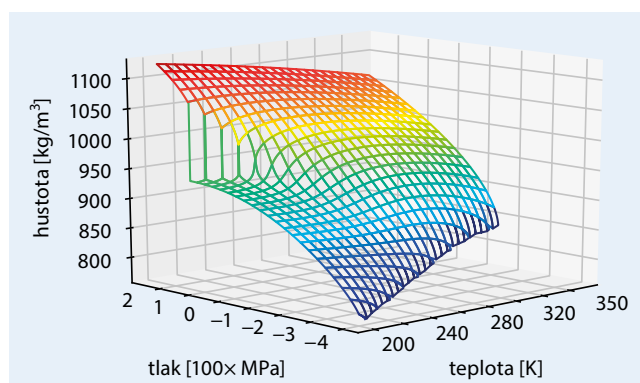
Jiří Dolejší



AKTUALITY

Voda a její tajemství 320

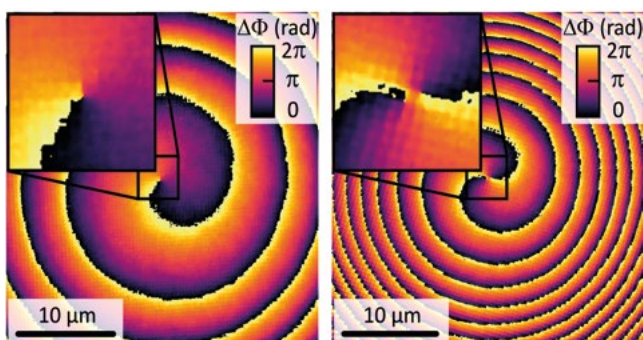
Michal Duška



REFERÁTY

Optické metapovrchy a 2D optika 323

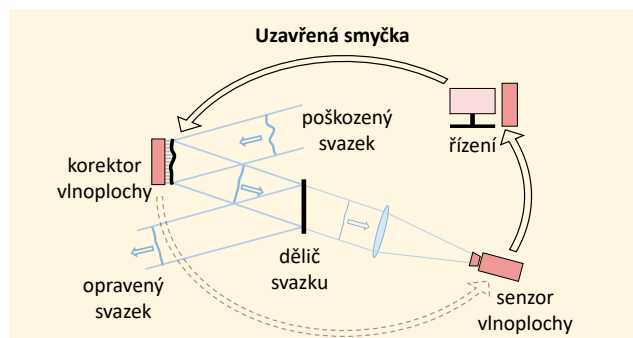
Petr Dvořák, Katarína Rovenská, Filip Ligmajer,
Radim Chmelík, Tomáš Šikola



METODY A PŘÍSTROJE

Adaptivní optika – ovládnutí fáze světla 326

Jan Pilař



FYZIKÁLNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

OBEZNÁ TEORIE RELATIVITY STŘEDOŠKOLSKY – 4. ČÁST: Gravitace jako zakřivení prostoročasu 332

Matěj Ryston



Úskalia konštrukcie zdroja jednosmerného napätia pre školské experimentálne zostavy 336

Martin Hruška

FYZIKÁLNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

Laboratoř experimentů z moderní fyziky na Univerzitě Hradec Králové 342

Daniel Jezbera



Měření brzdné dráhy automobilu 347

František Černý, Jaroslav Reichl

Obrázek na obálce:
Makrofotografie přírodního ledu v polarizovaném světle.
Fotografie: Daniela Rapavá, Hvezdáreň v Rimavskej Sobote

HISTORIE FYZIKY – 100 LET PŘF UK

Sto let od vzniku první samostatné přírodovědecké fakulty v našich zemích a vývoj fyziky v jejím rámci (1920–1952) 349

Jan Valenta



HISTORIE FYZIKY – 100 LET PŘF UK

Meteorologický ústav v Praze na Karlově 358

Mikuláš Konček



Dodatek k článku:
P. Kolář: Seismická stanice Kašperské Hory – místo zrození širokopásmové seismometrie, Čs. čas. fyz. 70, 294–297 (2020) 360

ZPRÁVY

Pojďte s námi do ELI 361

Jana Žďárská



RECENZE KNIH

Minulost, současnost a budoucnost vesmíru podle Petra Kulhánka 383
Miroslav Dočkal

VĚDA A UMĚNÍ

Struktura hmoty v obrazech 364
Jana Žďárská



ROZHOVOR

Modernizace Perkova teleskopu a jeho současné využití 366

Jana Žďárská, Pavel Pintr, Petr Kabáth



LIDÉ A FYZIKA

Luboš Perek (1919–2020) 373
Jana Žďárská



Vilém Kunzl – vedec, pedagog, organizátor 374
Juraj Šebesta

Poznámky ke Strategii 2030+

Jiří Dolejší

Ústav částicové a jaderné fyziky Matematicko-fyzikální fakulty, Univerzita Karlova, V Holešovičkách 747/2, 180 00 Praha-Libeň; Jiri.Dolejsi@mff.cuni.cz

Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy připravuje Strategii vzdělávací politiky 2030+ a v rámci její přípravy požádalo o připomínky a podněty.¹ Ježto delší dobu shledávám, že na různé otázky kolem vzdělávání mám jako nefrustrovaný důchodce vděčný fyzice za náplň života trochu jiné názory než mnozí experti na vzdělávání, donutil jsem se návrh dokumentu přečíst a svůj pohled jsem na MŠMT poslal. Bylo nás více.² Současně jsem svůj názor poslal několika kolegům. Souhlasil jsem také s návrhem předsedkyně JČMF zveřejnit text na stránkách JČMF a podobně teď děkuji za nabídku pana šéfredaktora stimulovat diskusi o věci zveřejněním v ČSČF.



Dokument Strategie 2030+ obsahuje spoustu rozumných podnětů pro zlepšení stavu našeho školství. Ale v mnoha slovech expertů na psaní strategií a expertů na úvahy o vzdělávání (pod termínem expert rozumím člověka, který dlouhodobě úspěšně provozuje nějakou činnost, a navíc má takový nadhled, že dokáže své zkušenosti transformovat do užitečných komentářů, soudů či rad pro danou činnost) se skrývá hodně bezradnosti a potenciálně těžko splnitelných slibů. Nejsem si docela jist, že na formulování strategie se podíleli v dostatečné míře experti na výuku a experti na přípravu učitelů podle mého vnímání – tedy úspěšní učitelé, na které po létech vděčně vzpomínají jejich žáci, a experti z mnoha jiných praktických oborů.

Dále se budu vyjadřovat především ke strategickému cíli číslo jedna:

Zaměřit vzdělávání více na získávání kompetencí potřebných pro aktivní občanský, profesní i osobní život

V textu strategie, možná díky přehnanému počtu slibů, co všechno „uděláme“, nedokážu jasně zahléd-

nout, jak toho vlastně chtějí autoři strategie dosáhnout. Zvláště když se většinou mluví jen o korekci obsahu. Bezradnost cítím i z vět jako například „tyto (digitalizace) a mnohé další trendy před nás staví nové výzvy, výrazně odlišné od těch, se kterými jsme se doposud setkávali“. Tuto bezradnost jsem už od expertů na úvahy o vzdělávání slyšel. Silně mi tu chybí pozitivní a konkrétní vize.

Zkusím navrhnout několik cílů vzdělávání, které by možná mohly sloužit jako témata pro začátek hledání širší shody v tom, jak současnou podobu vzdělávání poupravit.

1. Prvotním cílem může být zachovat zvědavost malým dětem vlastní, tj. jejich zájem poznávat nové věci a jevy, a s touto zvědavostí dále hospodařit, umožňovat dětem zažívat radost z pochopení nějakého tajemství přírody a zvládnutí nějaké užitečné dovednosti.

2. Dalším důležitým cílem může být zvyknout si na stálé učení; na to, že co neumím nebo čemu nerozumím dneska, mohu zvládnout zítra (nebo třeba za pár let). Nemusí se tomu vždycky říkat učení, ale jde o to, že například každý nový mobilní telefon se bude chovat jinak než ten starý, bude toho umět více a bude výzvou naučit se ho zase ovládat. V jakémkoli vědeckém oboru budou nové výsledky, v jakémkoli řemesle budou nové nástroje a nové materiály. Myslím si, že schopnost zvládat výzvy budoucnosti maximalizujeme tím, že aktivně žijeme v současnosti a budoucnost spoluvytváříme.

3. Neméně důležitým cílem může být získávání sebevědomí a odvahy použít se do řešení problémů. K tomu mohou být užitečné jednoduché a snadno popsatelné problémy, zvláště takové, kdy úspěch je jednoduše vidět a nevyžaduje potvrzení paní učitelky, že je to dobře. Takovým problémem může být chování domácího zvířátka, které i po měsících chovu nechcípne, i konstrukce trojúhelníka, která sama o sobě pro další život asi moc užitečná není. Myslím si, že právě tohle sebevědomí a odvaha jsou potřeba například i pro to, aby se člověk pustil do sestavování nábytku z IKEA, a samozřejmě pro důležitější výzvy.



1 Se Strategií 2030+ se může čtenář seznámit na stránce: <https://www.msmt.cz/vzdelavani/skolstvi-v-cr/strategie-2030>

2 Viz <https://www.msmt.cz/vzdelavani/skolstvi-v-cr/podne-ty-k-navrhu-textu-strategie-2030-a-implementacnich>

Voda a její tajemství

Michal Duška

Ústav termomechaniky AV ČR, v. v. i., Dolejškova 1402/5, 182 00 Praha 8; duska@it.cas.cz

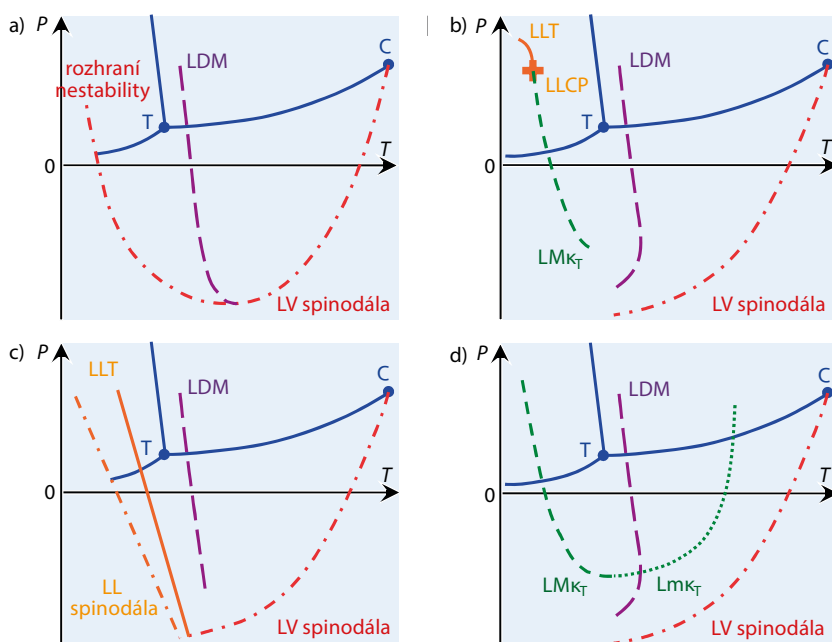
To, že naši předkové zařadili vodu mezi jeden ze živlů, určitě nebyl omyl. Voda je jistě mocnou silou spoluutvářející geologickou tvář naší planety. Hýbe národy, pokud jí není dost, nebo se stává geopolitikou, pokud si vědci dovolí předpovědět růst hladiny oceánů. Přes všechnu kreativitu a představivost lidského ducha je právě voda tou neodmyslitelnou podmínkou samotné existence jakékoli formy života. Má však ještě jeden, téměř až poetický rozměr – šálí nás svou zdánlivou obyčejností. Při pohledu na zamrzlé jezero nás ani nenapadne, že je něco špatně, že „normální kapalina“ při přechodu do pevné fáze svou hustotu zvýší a neútěšně klesá ke dnu. Anomálie vody se nám staly normálními a normálním se nám stalo, že je pořád neumíme uspokojivě vysvětlit. To se nám však nedávno podařilo alespoň částečně napravit.

Historie vědeckého dobrodružství

Voda je pravděpodobně nejstudovanější látkou vůbec, snad proto laskavý čtenář odpustí, že se v tomto textu zaměříme pouze na ty objevy, které formovaly naše porozumění termodynamického chování vody. Tedy jak se všechno to molekulární hemžení demonstruje v našem makroskopickém vnímání světa.

Kromě výše zmíněného plovoucího ledu má voda další zvláštnost: maximum hustoty přibližně při čtyřech stupních Celsia za barometrického tlaku (pro úplnost – voda má neuvěřitelných 64 anomálií [1]). Od této teploty pokles hustoty s klesající teplotou pokračuje, a to i pod bodem mrazu. Pokud podchládíme vodu pod bod mrazu, zůstane po určitý čas kapalná, než se v ní objeví první zárodky ledu (nazýváme to homogenní nukleace ledu) a vzápětí rychle zmrazne v celém objemu. Oblast podchlazené vody se stala předmětem intenzivního výzkumu v sedmdesátých letech a vůdčí osobností tohoto výzkumu byl a doposud je

profesor C. A. Angell. Dodnes unikátní experimenty tepelné kapacity [2] a kompresibility [3] podchlazené vody odhalily blízkost možné divergence, kdy hodnota obou termodynamických veličin se blíží nekonečnu. Další pozorování znemožnil limit homogenní nukleace [4], kde zárodky ledu vznikají tak rychle, že termodynamické pozorování již není možné. Pokud bychom dokázali provést extrémně rychlé měření, bylo by ovlivněno fluktuací termodynamických veličin. Po deseti letech tohoto úsilí začal Speedy studovat jinou divergenci: v tomto případě šlo o klasickou spinodálu vody – limit nestability vody ve vztahu k páře [5]. Našel elegantní extrapolaci, která umožnila předpovědět spinodálu na základě měření hustoty od fázové rovnováhy voda–pára (VLB – binodála) do 100 MPa při zvolené teplotě. A objevil, že jím předpovězená spinodála, místo aby se s klesající teplotou vyskytovala při stále nižším (větším negativním) tlaku, se začala obracet a vracet do oblasti pozitivního



Obr. 1 Čtyři termodynamické scénáře aspirující vysvětlit anomální chování vody. Převzato z [6] Copyright 2014 National Academy of Sciences.

Optické metapovrchy a 2D optika

Petr Dvořák^{1,2}, Katarína Rovenská^{1,2}, Filip Ligmajer^{1,2}, Radim Chmelík^{1,2}, Tomáš Šikola^{1,2}

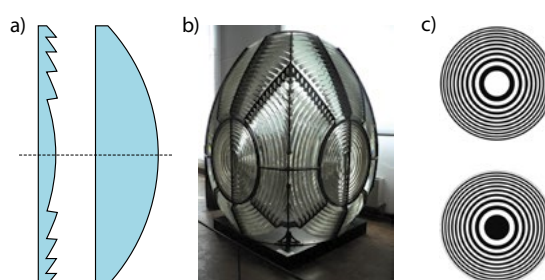
¹ Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav fyzikálního inženýrství, Technická 2896/2, 616 69 Brno; 100860@ceitec.vutbr.cz

² Vysoké učení technické v Brně, Středoevropský technologický institut, Purkyňova 656/123, 612 00 Brno; 100860@ceitec.vutbr.cz

Tradiční optické komponenty, které používáme v běžných optických přístrojích, jako je třeba objektiv fotoaparátu nebo difrakční mřížka, jsou založeny na fyzikálním principu změny tvaru vlnoplochy odražené nebo procházející elektromagnetické vlny [1]. K této změně je nejčastěji použito fázové zpoždění světla, například uvnitř křemenného skla (SiO_2). Tvarem skla, resp. jeho tloušťkou v případě procházející vlny pak lze ovlivňovat tvar této vlnoplochy, jako je tomu například u spojné čočky. Zcela zásadním problémem tradiční optiky jsou však omezené možnosti její miniaturizace, což můžeme pozorovat třeba na svém chytrém telefonu – jeho šířka je sice většinou dána hlavně šířkou baterie (mimořádně efektivní uchovávání elektrické energie je jedna ze zcela zásadních výzev pro budoucí generace), ale jeho nejtlustší část je pak tvořena fotoaparátem, a to hlavně z důvodu minimální nutné tloušťky objektivových čoček před CCD nebo CMOS čipem.

V historii se problém tloušťky optických prvků řešil hned několikrát. Jedním z těch známějších je případ objektivových čoček astronomických dalekohledů. Pro velké průměry spojných čoček s relativně krátkým ohniskem byla jejich tloušťka a váha již tak velká, že docházelo k praskání samotného skla, z něhož byly vyrobeny. Potiže bylo naštěstí možné vyřešit poměrně jednoduše díky parabolickým zrcadlům, jejichž velký průměr nepředstavoval konstrukční problém. Podobný „oríšek“ s velkým průměrem krátkoohniskových čoček, a tedy i jejich velkou tloušťkou, řešil také významný francouzský inženýr a fyzik A.-J. Fresnel (1788–1827) na konci 18. století [2]. Jeho geniálně „jednoduché“ řešení bylo označováno za „vynález, který zachránil miliony lidí“ na rozbouřených mořích [3]. Dnes tyto čočky nazýváme Fresnelovy (viz obr. 1). Využívají vlnové povahy světla: čočka je rozdělena na sady soustředných prstencových sekcí se stejným zakřivením, jaké by měla ekvivalentní jednoduchá čočka, ale v každé této sekci je celková tloušťka snížena pouze na potřebnou pevnostní tloušťku.

Fresnel myšlenku využití vlnové povahy světla ještě rozšířil a definoval tzv. *Fresnelovy zóny*, pomocí nichž bylo možné vysvětlit některé paradoxní jevy z teorie difrakce, jako třeba existenci *Fresnelovy–Aragovy–Poissonovy stopy*, která vzniká na optické ose za kruhovou překážkou ve formě světlé stopy uprostřed kruhového stínu. Tyto Fresnelovy zóny pak inspirovaly v roce 1875



Obr. 1 (a) Průřez Fresnelovou (vlevo) a ekvivalentní tradiční plankonvexní (vpravo) čočkou. (b) Fresnelova čočka prvního řádu, vystavená v pařížském Národním muzeu námořnictva, měří 254 centimetrů a váží přibližně jeden a půl tuny. (c) Zonální mřížky.

J. L. Soreta k vytvoření *zonální mřížky* (viz obr. 1c) [4]. Tato mřížka sestává ze sady soustředných průhledných a neprůhledných prstenců korespondujících s Fresnelovými zónami [5]. Prstence jsou rozmístěny tak, že procházející vlna difraktuje a konstruktivně interferuje do požadovaného ohniska, kde vytváří obraz [6]. Máme-li rovinnou světelnou vlnu o vlnové délce λ a požadujeme-li ohniskovou vzdálenost Soretovy zonální mřížky f , pak pro poloměry jednotlivých soustředných prstenců bude platit vztah

$$r_n = \sqrt{n\lambda f + 0,25n^2\lambda^2},$$

kde n je celé číslo. Zvláštností Soretových zonálních mřížek je, že kromě požadovaného hlavního ohniska vytvářejí také ohniska vedlejší, a to v lichých zlomcích hlavní ohniskové vzdálenosti: $f/3$, $f/5$, $f/7$ atd. Soretovu zonální mřížku dále jako jedny z mála dokážou efektivně fokusovat i světlo velmi krátkých vlnových délek – například v rentgenové části spektra, kde obecně neexistuje prostředí s indexem lomu různým od jedné. Nedostatkem těchto mřížek je, že intenzita světla v hlavním ohnisku dosahuje teoreticky pouze $1/\pi^2 \approx 10\%$. Avšak Soretovu mřížku můžeme realizovat také tak, že budeme místo zastínování zón obracet fázi prošlého světla vždy ve dvou sousedních zónách. Intenzita v hlavním ohnisku tak vzroste hned čtyřikrát (tj. na přibližně 40 % intenzity v ohnisku ideální čočky stejného průměru a stejné ohniskové vzdálenosti) [7].

Příklad Soretových zonálních mřížek dobře demonstruje, jak lze určitou (laterálně) prostorovou změnou fáze procházejícího světla (tedy změnou tvaru vlnoplo-

Adaptivní optika – ovládnutí fáze světla

Jan Pilař

HiLASE Centrum, Fyzikální ústav AV ČR, Za Radnicí 828, 252 41, Dolní Břežany; Jan.pilar@hilase.cz

Během posledních třiceti let se adaptivní optika proměnila z vysoce sofistikované, nákladné a utajované technologie v běžnou součást pozemských teleskopů, mikroskopů, laserových systémů či nastupujících systémů pro satelitní komunikaci. Podívejme se zblízka na technologie, které byly pro její účely vyvinuty a stojí za jejím úspěchem.

Adaptivní optika v kostce

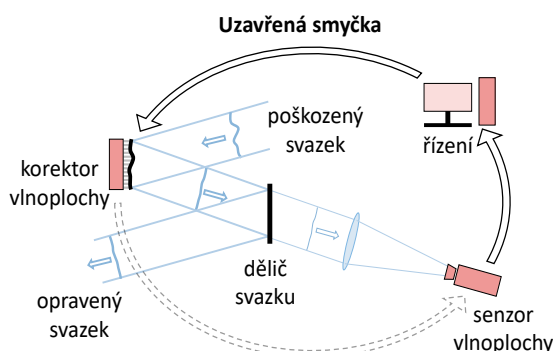
Adaptivní optikou je označován elektrooptický systém určený k řízenému ovládnutí fáze optické vlny. Fáze optické vlny či svazku ovlivňuje zásadním způsobem kvalitu zobrazení a její účinné řízení umožňuje překonat vnější vlivy, které toto zobrazení ruší. Ve své původní podobě byla myšlenka adaptivního řízení fáze optické vlny navržena astronomy pro odstranění vlivu turbulentní atmosféry, což se, po necelém půl století vývoje, do značné míry podařilo. V současnosti tato technologie úspěšně proniká do mnoha dalších oborů a umožňuje řádově lepší výsledky všude tam, kde je potřeba přesné zobrazování. Jedná se zejména o oblasti laserové techniky, mikroskopie a optické komunikace, ale postupně se přidávají i další oblasti, jako je například oftalmologie či systémy pohonu založené na koherentní kombinaci laserových svazků.

Jelikož myšlenka adaptivní optiky původně vzešla z astronomické komunity [1], vyjdeme při jejím popisu z příkladu astronomického pozorování. V astrono-

mii je světlo hvězdy přicházející z vesmíru v důsledku obrovské vzdálenosti jeho zdroje v podstatě rovinnou elektromagnetickou vlnou s neporušenou vlnoplochou (prostorovou fází). Průchodem atmosférou je však tato rovinnost porušena a do vlny jsou vneseny tzv. aberace neboli fázové odchylky od jejího rovinného tvaru. Velikost těchto odchylek je typicky v řádu několika málo vlnových délek viditelného světla neboli několika mikrometrů. Důsledkem těchto jemných poruch však je, že při zobrazení teleskopem je světlo soustředěno na větší oblast obrazové roviny (CCD čip), než kdyby bylo bez poruch, a obraz se proto jeví rozmazaný. Tyto aberace se navíc velice rychle mění, jak se v atmosféře turbulentně mísí teplý a studený vzduch. Jednoduché schéma principu adaptivně optického systému pro korekci optických aberací je na obrázku 1.

Metoda adaptivní optiky předpokládá užití optického prvku schopného adaptivně ovlivňovat vlnoplochu optické vlny, takzvaného *korektoru vlnoplochy* (v tomto případě se jedná o deformovatelné zrcadlo, které bude popsáno dále). Tento korektor musí být možné ovládat elektronicky tak, aby jej bylo možné přizpůsobit konkrétnímu případu optických vad korigované optické vlny v daný okamžik. Měření těchto optických vad je realizováno pomocí senzoru vlnoplochy a tato měření jsou následně zpracována řídicím systémem, který generuje řídicí signál pro korektor vlnoplochy. Ten zajistí kompenzaci zjištěných aberací a celý proces se neustále opakuje a iterativně se tak zpřesňuje kvalita opravy aberací, přičemž systém zároveň reaguje na jejich dynamické změny. Hovoříme o uzavřené smyčce či smyčce se zpětnou vazbou. Pro případ kompenzace atmosférických turbulentních aberací musejí být opakovací frekvence adaptivní smyčky v řádu stovek Hz až jednotek kHz. V jiných oblastech použití adaptivní optiky však zpravidla postačují nižší opakovací frekvence a někdy je i kompenzována pouze aberace statická – v čase neměnná.

Pro adaptivně optický systém jsou tedy zapotřebí tři základní komponenty. Korektor vlnoplochy, který opravuje vlnoplochu světla tak, aby byly aberace v ní obsažené efektivně eliminovány. Senzor vlnoplochy,



Obr. 1 Schéma principu uzavřené smyčky adaptivní optiky. Část přicházejícího světla je vydělena pro senzor vlnoplochy, který měří aberace svazku a tuto informaci předává řídicímu prvku, který následně upraví korektor vlnoplochy tak, aby zjištěné aberace vlnoplochy opravil. Celý proces se iterativně opakuje, zpřesňuje a reaguje na změny aberací v čase. Opravený svazek je následně zobrazen na vědecké zařízení (CCD čip, spektrometr apod.) a dosahuje typicky řádově lepšího rozlišení, než kdyby opravený nebyl.

OBEČNÁ TEORIE RELATIVITY STŘEDOŠKOLSKY – 4. ČÁST: Gravitace jako zakřivení prostoročasu

Matěj Ryston

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, katedra didaktiky fyziky, V Holešovičkách 2, Praha 8; matej.ryston@mff.cuni.cz

V poslední části série se pokusíme pro středoškoláky co nejpřirozeněji propojit prostor a čas v jeden celek – prostoročas. Díky předchozím článkům máme také připravenou půdu, abychom ukázali, jak obecná teorie relativity popisuje gravitaci jako zakřivení prostoročasu. Nakonec přímo porovnáme přístup Newtonovy teorie gravitace a obecné relativity.

V minulých dílech jste viděli...

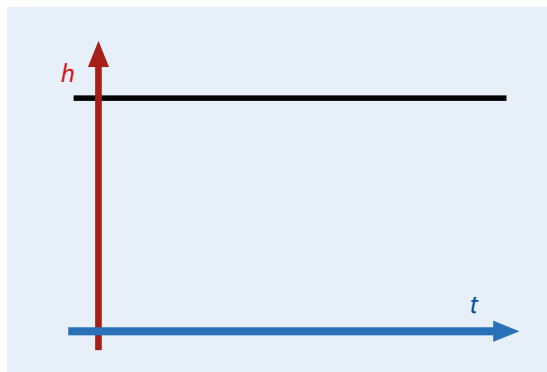
V poslední části naší série o možném způsobu představení základních myšlenek obecné teorie relativity ve středoškolské řeči se sluší nejprve připomenout a shrnout naše dosavadní povídání. Začali jsme ukázkou neeukleidovské geometrie pro plochy, protože zakřivenou plochu si oproti zakřivenému prostoru dokážeme představit či přímo prakticky realizovat. Ukázali jsme si, jaký může mít vnitřní geometrie (na rozdíl od té vnější) dopad na platnost základních geometrických poček. Zavedli jsme pojem geodetika jako obecnou křivku, která v dané zakřivené ploše či prostoru zobecňuje přímkou jako „nejpřímější spojnici dvou bodů“. Geodetiku také můžeme chápat jako trajektorii volné částice, tedy takové, na kterou nepůsobí žádná síla a jejíž pohyb je ovlivněn čistě zakřivením prostoru. To jsme si ukázali na příkladech různých zakřivených ploch, zejména pak Flammova paraboloidu, jehož tvar je odvozen přímo z relativistických rovnic a představuje pro nás konkrétní propojení geometrie a relativistické teorie gravitace. Dále jsme také přednesli několik argumentů, proč má smysl dívat se na gravitaci geometrickým způ-

sobem jako na zakřivení prostoru kolem gravitujícího tělesa, kdy se všechna tělesa pohybují „co nejpříměji to jde“, ale díky zakřivení prostoru jejich trajektorie není přímkou, podobně jako bychom se chtěli pohybovat rovně například na povrchu koule. Velmi rychle jsme však přišli na příklad situace, kdy popis gravitace jako zakřivení prostoru nefunguje. Zakřivení prostoru může totiž zakřivit trajektorie pouze již pohybujících se těles, ale nedokáže uvést do pohybu stojící těleso. Všichni však snadno provedeme pokus s volným pádem předmětu, který pustíme v klidu z ruky. Těleso se zjevně začne pohybovat. Proto jsme museli v minulém díle přidat ještě druhou, neoddělitelnou součást relativity – čas. Věnovali jsme se gravitační a také kinematické dilataci času s pomocí konkrétních experimentů a provedli jsme i zjednodušený výpočet ukazující význam teorie relativity pro fungování satelitních systémů globální navigace. Nyní můžeme konečně spojit tyto dva zatím pro nás oddělené myšlenkové proudy v jeden celek a vrátit se úplně na začátek našeho povídání, kdy jsme začali větou: „Gravitace je zakřivení prostoročasu.“

Volný pád a prostoročas

Vezměme si velmi jednoduchou situaci, kdy máme kámen v klidu v nějaké počáteční výšce nad zemí. V rámci našeho myšlenkového experimentu prozatím vypneme gravitaci, takže kámen stojí nehybně ve vzduchu. Středoškolák by v tuto chvíli neměl mít problém nakreslit graf závislosti polohy kamene na čase (respektive pro jednoduchost pouze výšky nad zemí na čase, ostatní prostorovou informaci potřebovat nebudeme). Samozřejmě by se mělo jednat o graf konstantní funkce (obr. 1), protože kámen je stále ve stejné výšce.

Graf závislosti nějaké veličiny prostorového charakteru (v našem případě výšky) na čase není pro studenty nic neobvyklého. Většina z nich však asi netuší, že právě načrtli jednoduchý případ tzv. *prostoročasového diagramu* (ten se sice v relativitě kon-



Obr. 1 Jednoduchý graf závislosti výšky kamene visícího ve vzduchu na čase, ale zároveň prostoročasový diagram, byť oproti konvenci s prohozenými osami.

Úskalia konštrukcie zdroja jednosmerného napätia PRE ŠKOLSKÉ EXPERIMENTÁLNE ZOSTAVY

Martin Hruška

Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica; martin.hruska@umb.sk

Trh s učebnými pomôckami poskytuje množstvo rôznych pomôcok, experimentálnych zostáv, ktoré je možné na vyučovaní bez problémov využiť. V mnohých prípadoch si však ich zakúpenie vyžaduje nemalé finančné prostriedky. V súčasnosti existuje veľa možností na vytvorenie prototypu experimentálnej súpravy, ktorá by mala potenciál stať sa užitočnou a najmä lacnou pomôckou vo vzdelávaní mladých ľudí, nie je to však triviálna úloha. Cieľom predkladaného príspevku je ukázať, aké problémy sme objavili (a museli vyriešiť) pri konštrukcii základného prvku nami navrhovanej experimentálnej zostavy – zdroja jednosmerného napätia pre viaceré moduly v experimentálnej súprave.

Úvod

Skúsenosti (nielen naše) nám hovoria, že na základných a stredných školách je pomerne málo učebných pomôcok, resp. experimentálnych zostáv, ktoré by mali univerzálnejšie využitie [1]. Univerzálnejšie v tom zmysle, že okrem ich využitia na experimentálne činnosti by podporovali aj bádateľské metódy výučby a učenia sa [2–4], vytvorenie viacerých ich komponentov by bolo možné aj v školských podmienkach (aj ako súčasť vyučovania) a samozrejme potrebné súčiastky musia byť cenovo prístupné.

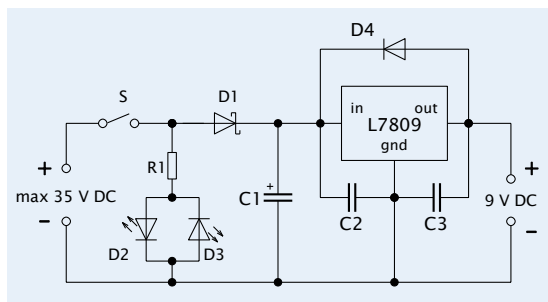
Spomínanú predstavu univerzálnosti z nášho hľadiska spĺňa experimentálna zostava, ktorú vyvíjame na pracovisku autora príspevku. Obsahuje prvky – resp. moduly (takmer všetky nami vytvorené sú v kategórii „low cost“), založené na analógovej aj digitálnej technológii. Niektoré moduly, ako malý digitálny osciloskop, jednoduchý merací prevodník, prípadne digitálny syntetizátor, využívajú mikrokontroléry Arduino Uno R3 a ARM Cortex M3. Iné moduly, ako napríklad svetelný a zvukový senzor, prípadne svetelný modulátor, sú tvorené jednoduchými elektronickými zapojeniami



Obr. 2 Rušenie spôsobené osciloskopom DSO 150.

niami s diskretnými súčiastkami. Aby jednotlivé prvky – moduly zostavy – fungovali, je samozrejme potrebné zabezpečiť ich napájanie.

Pri hľadaní optimálneho spôsobu sme skúšali realizovať ich napájanie samostatnými adaptérmi i samostatnými zdrojmi napätia a prúdu. Kým na napájanie analógových modulov sú z dôvodu ich nízkeho odboru využiteľné klasické 9 V batérie, digitálne moduly sa vyznačujú väčším prúdovým odberom rádovo v stovkách mA. Uvedené riešenie sa však ukázalo ako veľmi nepraktické. Keďže jednou z požiadaviek, ktorú sme si kladli pri tvorbe meracej zostavy, bola aj jednoduchosť jej využitia a možnosť vlastného experimentovania žiakov priamo na hodinách fyziky, bolo potrebné v maximálnej miere zjednodušiť napájanie všetkých modulov meracej zostavy. Z tohto dôvodu sme sa začali zaoberať myšlienkou vytvoriť zdroj na napájanie viacerých modulov súčasne, ktorý by bol napájaný jedným adaptérom z elektrickej siete.



Obr. 1 Zapojenie lineárneho zdroja so stabilizátorom L7809.

<https://ccf.fzu.cz>

Laboratoř experimentů z moderní fyziky na Univerzitě Hradec Králové

Daniel Jezbera

Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta, Rokitského 62, 500 03 Hradec Králové III; daniel.jezbera@uhk.cz

Jedním z výsledků moderní fyziky bylo poznání struktury hmoty. Tento úspěch je obvykle spojován s teoretickou kvantovou fyzikou, ale pro potvrzení teorie, či naopak její vyvrácení, bylo třeba vymyslet a provést řadu experimentů. Laboratoř experimentů z moderní fyziky na Univerzitě Hradec Králové obsahuje několik přelomových pokusů, které jsou ve školním provedení. Studenti se zde mohou detailně seznámit nejen s historickými experimenty, o kterých se píše v učebnicích, ale také poznat mikrostrukturu hmoty i fyzikální principy používané v současných měřicích přístrojích. Vybavení laboratoře je využíváno jak pro výuku studentů katedry fyziky, tak i pro vzdělávání širší veřejnosti, například pro skupiny studentů ze středních škol.

Pod pojmem moderní se myslí něco, co je současné nebo maximálně z nedávné doby. Moderní fyzikou se obvykle míní fyzika 20. století či novější. Je to protiklad fyziky klasické, založené na newtonovské mechanice, klasické termodynamice a maxwellovské elektrodynamice. V teoretické oblasti je moderní fyzika spojena s teorií relativity a kvantovou mechanikou. To druhé je z praktického pohledu poznání mikrostruktury hmoty, do něhož lze zařadit oblasti označované jako atomová fyzika, částicová fyzika a fyzika pevných látek [1]. Zatímco teorie relativity je spojena spíše s experimenty myšlenkovými, pak fyzika mikrosvětla je plná experimentů, které jednak odkryly omezenost klasické fyziky, potvrzovaly a rozváděly teoretické závěry a umožnily praktické využití moderní fyziky.

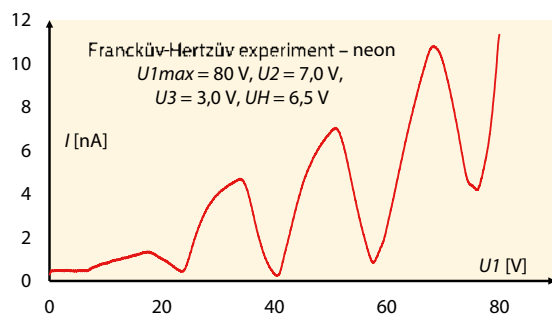
Již mnoho let, či spíše desetiletí žila na katedře fyziky UHK myšlenka praktického seznámení studentů s experimenty, o kterých se dozvídali pouze na přednáškách. Realizaci laboratoře takových experimentů

umožnily až prostředky z evropských fondů, které se poprvé objevily asi před deseti lety, a její budování stále pokračuje. S dnešními zkušenostmi by výběr pokusů byl asi odlišný, ale přesto je možné na pořízených experimentech ukázat vývoj a širší poznání mikrosvětla.

Vybavení laboratoře je možné rozdělit do dvou skupin. Do první lze zařadit klasické „čisté“ experimenty ve školním provedení. Do druhé pak školní přístroje, na kterých je možné provést více měření, vycházejících z poznatků moderní fyziky. Čistými experimenty jsou Millikanův experiment, Franckův–Hertzův experiment a Zeemanův experiment. Ve druhé skupině jsou difuzní mlžná komora, rentgenová komora, skenovací tunelový mikroskop a mikroskop atomárních sil.

Millikanův experiment je známý pokus, kterým se r. 1909 podařilo výrazně zpřesnit tehdy známou hodnotu elementárního náboje a tím i přispět k poznání první známé elementární částice. V originálním provedení měřili R. A. Millikan s kolegy ustálenou rychlost pádu nabitých olejových kapiček a následně rychlost stoupání stejné kapičky, vyvolané opačně orientovaným elektrickým polem. V našem školním provedení se experiment poněkud liší – experimentátor přepíná směr elektrického pole tak, aby vyvolávalo pohyb nahoru, ale také urychlovalo pohyb dolů. Z rychlostí v obou směrech, velikosti elektrického pole, viskozity a hustoty vzduchu a hustoty kapičky lze vypočítat závislost náboje a poloměru pro různé kapičky, které se liší svojí velikostí. Měřené kapičky jsou nabitý náhodně z okolí, takže velikost jejich náboje je malý celý násobek náboje elementárního [2].

Experiment neslouží pouze k poznání historie. Teorie pokusu je pěkné praktické procvičení klasické fyziky



Obr. 1 Závislost proudu na urychlujícím napětí pro Franckův–Hertzův experiment s elektronkou obsahující neon s maximálním urychlujícím napětím 80 V.

Měření brzdné dráhy automobilu

František Černý¹, Jaroslav Reichl²

¹ České vysoké učení technické, Fakulta strojní, Technická 4, 160 00 Praha 6-Dejvice

² Střední průmyslová škola sdělovací techniky, Panská 856/3, 110 00 Praha 1; reichl@panska.cz

Článek popisuje měření brzdné dráhy automobilu s využitím senzorů firmy Vernier a matematické zpracování naměřených dat. Měření bylo provedeno s aktivovaným i deaktivovaným systémem ABS na letních i zimních pneumatikách ze tří předem zvolených velikostí počáteční rychlosti automobilu.

V pondělí 28. 10. 2019 jsem uskutečnil praktické měření v rámci svého absolventského projektu. Nej důležitější bylo vybrat vhodný úsek silnice nebo uzavřené pozemní komunikace, která neměla příliš velké klesání nebo stoupání a na níž by byl minimální provoz. Experimentální část probíhala pod dozorem vedoucího práce Mgr. Jaroslava Reichla, za dodržení všech bezpečnostních pravidel. Velikosti rychlostí, ze kterých se plně brzdilo až do zastavení, byly stanoveny na 40, 55 a 70 km/h; tyto velikosti byly v průběhu jízdy odhadovány na základě vestavěného tachometru automobilu i aplikace v mobilním telefonu, která při dosažení nastavené velikosti rychlosti vydala zvukový signál. Původně bylo zamýšleno měřit se dvěma různými automobily, což nakonec nebylo potřeba; u auta s již zabudovaným ABS¹ totiž bylo možné vyndat pojistku, která celou tuto jednotku deaktivovala. Měření probíhalo pomocí systému Vernier, konkrétně akcelerometru a GPS modulu. Data byla poté načtena do softwaru Mathematica, v němž byly podle níže uvedeného výpočtu vykresleny potřebné grafy. A z nich pak bylo možné odečíst brzdnou dráhu.

Senzory byly umístěny tak, aby se během jízdy vůči automobilu nepohybovaly, ale současně aby bylo možné pomocí dataloggeru ovládat čas začátku a konce měření. Z použitého akcelerometru jsem získal velikosti zrychlení s časovým krokem 20 ms. Metoda zpracování naměřených dat je dále vysvětlena obecně, grafy

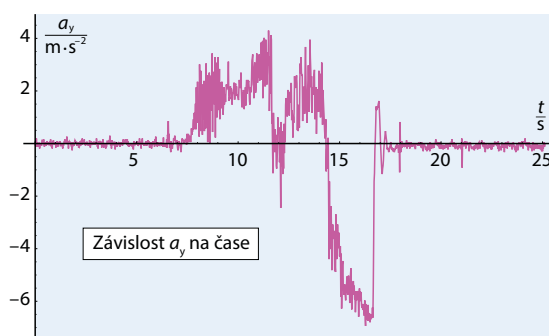
na obr. 1 až 4 pak popisují brzdění na letních pneumatikách s aktivovaným systémem ABS z velikostí počáteční rychlosti cca 40 km/h.

Výpočet brzdné dráhy (na základě naměřených dat o velikosti zrychlení) proto vychází z definičního vztahu $a = \Delta v / \Delta t$, kde Δv je změna velikosti rychlosti, která nastala za dobu Δt . Naměřené velikosti zrychlení jsou nespojitě, proto budeme řešit diferenčními rovnicemi velikost rychlosti a uraženou dráhu. V mém případě tedy platí, že $\Delta t = 0,02$ s (časový úsek je dostatečně krátký, aby bylo možné vypočtené velikosti rychlosti i hodnoty dráhy považovat za spojité, viz grafy sestavené na základě měření). Z definičního vztahu pro velikost zrychlení vyjádříme $\Delta v = a \cdot \Delta t$, přičemž platí $\Delta v = v - v_0$. Dostaneme tedy rovnici pro velikost rychlosti $v = v_0 + a \cdot \Delta t$.

Pro výpočet dráhy budeme postupovat obdobně. Využijeme vztah $v = \Delta s / \Delta t$, pro vyjádření Δs dostaneme vztah $\Delta s = v \cdot \Delta t$, který následně přepíšeme ve tvaru $s = s_0 + v \cdot \Delta t$.

Pomocí těchto dvou vztahů a s využitím počátečních podmínek $v_0 = 0$ a $s_0 = 0$ vypočteme velikosti rychlosti a uraženou dráhu na celém časovém intervalu, ve kterém měření probíhalo (tj. od rozjezdu automobilu do jeho zastavení). Vypočtené veličiny potom zobrazíme graficky.

V grafu na obr. 1 je zobrazena závislost velikosti zrychlení a_y na čase t (y -ová složka zrychlení je použita z důvodu polohy akcelerometru v automobilu). Ze začátku je zrychlení v podstatě nulové, neboť v tu chvíli automobil stál na místě, od sedmé sekundy je vidět první „záskub“; v tu chvíli se automobil začal rozjíždět. Automobil zrychloval do cca dvanácté sekundy, poté velikost zrychlení klesá, protože jsem přefadil na další převodový stupeň. Od patnácté sekundy je velikost zrychlení záporná, automobil tedy zpomaluje. Nulové zrychlení pak znamená, že automobil již zastavil.



Obr. 1 Graf závislosti velikosti zrychlení a_y na čase t .

¹ Protiblokovací systém ABS (Anti-lock Braking System) je jedním ze základních prvků aktivní bezpečnosti vozidla. ABS zabráňuje zablokování kola při brzdění. Kolo se systémem ABS se stále odvaluje a tím se zabráňuje ztrátě adheze mezi kolem a vozovkou. Odvalující se kolo umožňuje zachování stability, ovladatelnosti a říditelnosti vozidla i v mezních situacích (například při prudkém brzdění nebo brzdění na kluzké vozovce). Zablokované kolo totiž nepřenáší žádnou boční sílu, a tudíž neumožňuje zatočení. Signály ze snímačů otáček kol jsou vyhodnoceny řídicí jednotkou, která reguluje velikost brzdící síly pro příslušné kolo automobilu. Princip rozpoznávání krizových situací je založen na tom, že řídicí jednotka neustále porovnává velikost referenční rychlosti vozu (určena z pohybu dvou diagonálně umístěných kol) s velikostí rychlosti na všech čtyřech kolech. Na základě vznikajících rozdílů zjišťuje zrychlení, zpomalení a skluz každého kola a vypočítává odpovídající řídicí impulzy pro hydraulickou jednotku. V případě náhlého snížení velikosti rychlosti jednoho ze čtyř kol pod naprogramovanou hodnotu oproti referenční velikosti rychlosti je (bez ohledu na polohu brzdového pedálu) odpuštěn brzdící tlak na příslušném pomalejším kole a ihned po jeho odblokování se tento brzdící tlak obnovuje. Podle povahy vozovky probíhá za sekundu 4 až 10 takovýchto regulačních cyklů.

STO LET OD VZNIKU PRVNÍ SAMOSTATNÉ PŘÍRODOVĚDECKÉ FAKULTY V NAŠICH ZEMÍCH A VÝVOJ FYZIKY V JEJÍM RÁMCÍ (1920–1952)

Jan Valenta

Matematicko-fyzikální fakulta, Katedra chemické fyziky a optiky, Univerzita Karlova, Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2; jan.valenta@mff.cuni.cz

Přírodovědecká fakulta Karlovy univerzity vznikla vydělením z Filosofické fakulty na základě vládního nařízení č. 392/1920 Sb. a následovala tak příklad progresivních západních univerzit. Fyzikální obory se na této fakultě rozvíjely necelých 27 let (když odečteme nucenou válečnou přestávku), až do vzniku Matematicko-fyzikální fakulty roku 1952.

Pokud si položíme otázku, jaké nejvýznamnější změny nastaly v naší společnosti během posledního století, v čem se dnešní stav nejvíce liší od doby vzniku Československa, jistě nás napadne mnoho oblastí od pevnějšího mezinárodního zakotvení státního útvaru až po materiální blahobyt obyvatelstva.¹ Ale kdo si vzpomene na školství – především vysoké školy? Kvantitativní změna terciárního školství je přitom ohromující. Při ustavení ČSR existovala na celém území jediná univerzita a dvě techniky (plus malé báňské akademie v Příbrami a Banské Štiavnici, přičemž poslední jmenovaná škola roku 1919 zanikla), zatímco dnes máme jen v ČR 26 veřejných vysokých škol, dvě státní a nepočítané soukromých. A když se zaměříme na předmět tohoto článku, napočítáme sedm přírodovědeckých fakult (UK, MU, UP, JČU, OU, UHK, UJEP)² a dvě fakulty obsahující explicitně slovo přírodovědecký (Slezská univerzita v Opavě a Technická univerzita v Liberci)³. Pokud započteme i MFF UK, máme tu hned desítku přírodovědně zaměřených fakult! (O situaci na Slovensku nemám dobrý přehled, ale předpokládám, že extenzivní rozvoj byl obdobný.)

Vraťme se opět o sto let zpátky nebo ještě o kousek dál. V době Velké války (až později přejmenované na první světovou) byla situace na našich vysokých školách podobně tíživá jako v celé společnosti. Mnoho potenciálních studentů i někteří mladí asistenti (např. Viktor Trkal [1]) museli do zbraně. Počet studentů však poklesl jen mírně pod polovinu předválečných počtů díky tomu, že studovalo více dívek. Materiální situace se také stále



Shromáždění akademické obce Přírodovědecké fakulty UK v hlavní geologické posluchárně koncem 30. let 20. století. O jaké shromáždění šlo, se nepodařilo zjistit. Z fyziků lze identifikovat: F. Závíšku, V. Trkala, A. Žáčka, S. Hanzlíka, M. A. Valoucha; z matematiků: B. Bydžovského, M. Kösslera či V. Jarníka. Foto: Trousil, Praha – Díttrichova; archiv V. Trkala ml.

zhoršovala – byl nedostatek nejen jídla, ale i uhlí na topení v univerzitních budovách apod. Pro příklad lze vzpomenout ředitele Fysikálního ústavu české Karlo-Ferdinandovy university (KFU) prof. Čenka Strouhala (1850–1922), který měl oba syny (Eugena a Emila) i manžela starší dcery Aglaji ve válce (naštěstí všichni přežili). Z fragmentů bohaté válečné korespondence Č. Strouhala se syny citoval jeho vnuk Eugen Strouhal v knize o svém dědečkovi [2]. Zajímavá je např. pasáž z počátku roku 1916: „Z ústavu zajímavá novinka, že z rozkazu ministerstva války máme k účelům vojenským vydati veškeré akumulátory. Musíme tedy naše baterie redukovati na značně menší kapacitu ... Vydáme, jak se rozpočtem ukazuje, přes 100 metrických centů olova! Tedy 10 tun! To již něco znamená.“ V listopadu 1916 pak píše synu Eugeni:

1 Pozn. aut.: Text byl psán před virovou pandemií.

2 Pozn. aut.: Zkratky nechávám k rozklíčování čtenářům, jsou dostatečně široce známé.

3 Názvy těchto fakult jsou: Filosoficko-přírodovědecká fakulta, SU Opava, a Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická, TU Liberec.





Meteorologický ústav v Praze na Karlově¹

Mikuláš Konček

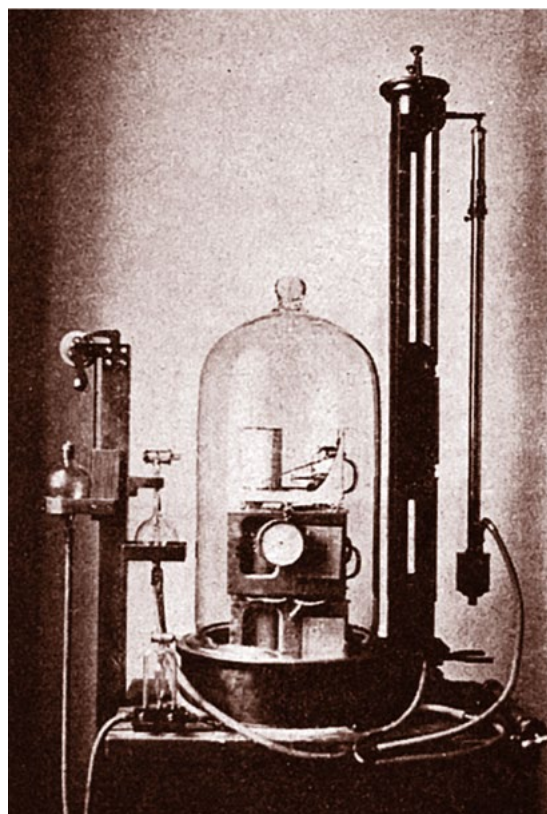
slovenský meteorolog a klimatolog (12. 4. 1900, Petrohrad, Rusko – 16. 8. 1982, Bratislava)

V minulém století byly meteorologické observatoře obvykle spojovány s hvězdárnami, kde se mimo to konala též pozorování magnetická. Rychlý vývoj vědy vyžádal si odloučení těchto vědeckých odvětví, a tak mají nyní namnoze hvězdárny neboli astronomické observatoře výhradně pozorování nebeských těles, kdežto pozorování a studium ovzduší země provádějí ústavy meteorologické.

Státní ústav meteorologický, provizorně umístěný v budově matematicko-přírodovědeckých ústavů Karlovy univerzity na Karlově, je jistě znám širším kruhům veřejnosti z každodenních zpráv povětrnostních v novinách a zejména v poslední době též ze zpráv rozhlasových. Podobné povětrnostní ústavy mají nyní všechny kulturní státy; v naší republice byl zřízen v roce 1920 při ministerstvu školství a národní osvěty ústav meteorologický, jehož ředitelem jest docent Karlovy univerzity Dr. Rudolf Schneider.

V následujících řádcích chci podati krátký nástin prací ústavu. Každému, kdo má zájem pro letectví, je zbytečno zdůrazňovati důležitost přesné znalosti stavu povětrnosti na celé trati letu a rovněž i informace o změnách v nejbližší době očekávaných. Zprávy povětrnostní z jednotlivých míst hlásí se v každém státu svému ústředí v určité hodiny třikrát denně – v 8, ve 14 a 19 hod. – a toto pak vysílá radiotelegraficky v určitou dobu po pozorování šifrovanou depeši, obsahující údaje všech důležitých prvků meteorologických. Proto jest nutno, aby každý ústřední ústav meteorologický měl svoji vlastní radiostanici přijímací.

¹ Tento článek je reprodukován z časopisu Český svět XXIII (27), 4–6 (1927). Za jeho objevení a poskytnutí děkujeme portálu [vyšehradskéj.cz](https://ccf.fzu.cz).



Státní ústav meteorologický na Karlově. Foto: Český svět, 1927

Observatoř na střeše ústavu (nahore). Vývěva na zkoušení výškoměrných tlakoměrů (dole). Foto: Český svět, 1927

Pojďte s námi do ELI

Jana Žďárská

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

Nedaleko Prahy v obci Dolní Břežany začal pracovat nejintenzivnější laser na světě. Jaké výzkumy zde probíhají, jak se ELI Beamlines začlenilo do této oblasti, a především co může běžný návštěvník centru ELI vidět, slyšet a zažít, se dozvíte v následujícím článku, který jsme pro vás připravili ve spolupráci s PR oddělením ELI Beamlines.



ELI Beamlines je evropské výzkumné centrum s ultraintenzivními laserovými systémy. Zdroj: Archiv ELI Beamlines

Lasery jsou součástí našeho života možná víc, než si vůbec uvědomujeme. Využívají se například při výrobě každého mobilního telefonu, automobilu nebo počítače. Najdeme je v telekomunikacích (internet), v multimediálních přehrávačích, při snímání čárových kódů v supermarketu, v laserových show i v medicíně, chirurgii, oftalmologii nebo třeba u zubaře.

Když jsme v Československém časopisu pro fyziku 3/2020 otiskli rozsáhlý rozhovor s profesorem Janem Řídkým (stál spolu se svými kolegy u zrodu ELI) s názvem „*Laser – od kolébky až po ELI*“, zaznamenali jsme na tento rozhovor velký čtenářský ohlas. A proto jsme

se rozhodli přinést našim čtenářům další informace, týkající se především toho, co vlastně ELI může nabídnout běžnému člověku.

Začneme tedy situací, kdy se rozhodovalo, kde ELI bude stát. Stavba takového velkého objektu většinou určitým způsobem ovlivní stávající prostředí a krajinu. A stavba vědeckého centra pro stovky vědců s instalací nejintenzivnějších laserů na světě – to už je tedy pořádné sousto. Proto nás velmi zajímalo, jak vlastně Dolní Břežany stavbu tohoto vědeckého centra přijaly, zdali byly nějaké protesty a co tato vědecká instituce nabízí jak domácím obyvatelům, tak i návštěvníkům. A v neposlední řadě také to, co mohou testy a výzkumy prováděné v ELI Beamlines přinést běžnému člověku. Tyto informace nám ochotně poskytlo PR oddělení ELI Beamlines a my je s potěšením předáváme dál.

ELI je mezinárodní projekt, v jehož rámci byla vybudována tři laserová centra ELI. První se nachází v ČR, druhé v Maďarsku a třetí v Rumunsku. Každé disponuje lasery s odlišnými parametry a zaměřuje se na jiné typy experimentů.

Záměrem bylo umístit centra ELI do nových členských států EU a posílit tak konkurenceschopnost zemí střední a východní Evropy, které dosud nedisponovaly obrovskou výzkumnou infrastrukturou mezinárodního významu (oproti např. Německu – XFEL, Francii



Budova ELI Beamlines v Dolních Břežanech.
Zdroj: Archiv ELI Beamlines

Struktura hmoty v obrazech

Jana Žďárská

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

Přinášíme vám další pokračování neobvyklého projektu, zaměřeného na prezentování vědy pohledem umělce v rubrice Věda a umění / Umění a věda. Další z pozoruhodných výstav, kterou inicioval a zrealizoval prof. Svatopluk Civiš, přední český fyzikální chemik a odborník na aplikovanou a experimentální spektroskopii, proběhla za účasti významných uměleckých osobností koncem července v prostorách Spolkového domu v Kutné Hoře, kde Svatopluk Civiš s rodinou žije. Odtud budou fotoobrazy později přesunuty do vestibulu Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR.

„Jednou z nejzákladnějších inspirací každého, kdo objevuje kouzlo okolního světa, je příroda...“
Svatopluk Civiš

Pozvánka, která mi počátkem léta přistála v e-mailové schránce, lákala na další pokračování výstavy netradičních fotografií přírody prostřednictvím expresionistických fotoobrazů. Tato výstava z cyklu Věda a umění / Umění a věda, kterou již poněkolkáté inicioval profesor Svatopluk Civiš, svými úvodními slovy slibovala vizi jedinečného zážitku – posuďte sami: „*Stačí mít oči otevřené a tento abstraktní svět nás uchvátí svou rafinovanou dokonalostí. Podobnost s díly významných českých malířů není náhodná. I oni čerpali své myšlenky a pohledy z přírody a nechali se jí inspirovat.*“

Inspirativní výstava, kterou můžete prostřednictvím Československého časopisu pro fyziku nyní zhlédnout i vy, milí čtenáři, nabídla opravdu nevšední zážitky. Obrazy generované vědeckým výzkumem jsou totiž často podobně inspirující jako vlastní umělecká tvorba a nabízejí příležitost nahlédnout do hlubin vědy, umění a jejich společné krásy.

Slavnostní vernisáž této výstavy proběhla v centru Kutné Hory 30. července navečer a i přes úmorné horko hostila poměrně velké množství návštěvníků. Probíhající akci moderoval Michal Trnka z Českého rozhlasu a o jednotlivých obrazech zasvěceně pohovořil například uznávaný historik umění Dr. Jaroslav Anděl,



Slavnostní vernisáž této výstavy proběhla v centru Kutné Hory 30. července 2020. Foto: J. Žďárská

bývalý ředitel Muzea moderního umění Národní galerie v Praze (1996–98) a bývalý umělecký ředitel Centra současného umění DOX (2009–2015), žijící střídavě v New Yorku a v Praze. Tento historik umění, kurátor celé řady mezinárodních výstav a vysokoškolský pedagog je v oblasti umění známý především řadou svých odborných publikací. Za všechny uvedme třeba knihu „Avant-Garde Page Design 1900–1950 (New York, 2002), Josef Bartuška a skupina Linie, Obecní dům Praha, 2004“. Mezi dalšími významnými hosty byl i český spisovatel a výtvarník Václav Vokolek, autor více než šedesáti knih, který přes dvacet let učil na VOŠP v Praze kulturní antropologii a dějiny výtvarných směrů moderního umění dvacátého století.

Autor výstavy Svatopluk Civiš připustil, že se nechává, stejně jako řada jiných fotografů, inspirovat přírodou, jež hýří objekty ve všech svých dimenzích a velikostech. Jeho fotografie tak zachycují čarovné světy barevných struktur, které se objevují při hlubším pohledu do makro- i mikrosvěta našeho vesmíru. Částým námětem při hledání nových fotografických motivů jsou mu mikrosvěty kamenných struktur minerálů nebo hornin, které v sobě nesou informaci o jejich vzniku. Jak říká Svatopluk Civiš: „*Stává se, že se při hlubším pohledu zjeví jedinečný pohled na svět struktur a fantaskních krajin, které je schopna vytvořit sama příroda.*“



Akci moderoval Michal Trnka z Českého rozhlasu a o jednotlivých obrazech zasvěceně pohovořil například uznávaný historik umění Dr. Jaroslav Anděl. Foto: J. Žďárská

Modernizace Perkova teleskopu a jeho současné využití

Jana Žďárská¹, Pavel Pintr², Petr Kabáth³

¹ Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 2, 182 21 Praha 8

² Centrum pro výzkum a vývoj speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTec Turnov (Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v. v. i.)

³ Stelární oddělení, Astronomický ústav AV ČR, v. v. i., Fričova 298, 251 65 Ondřejov

Perkův teleskop byl v minulém roce díky dotaci na přístrojové vybavení od Kanceláře Akademie věd úspěšně modernizován. Během jedinečné a náročné renovace byla vyjmuta zrcadla z optické cesty ke spektrografům a nahrazena nejmodernější oktogonální vláknovou optikou. Tato změna má za následek, že počet fotonů dopadajících do spektrografů a na CCD kamery je několikanásobně větší než v původní konfiguraci, a proto je nyní možné pozorování i málo jasných objektů. Navíc byla přidána zobrazovací kamera, díky níž lze pořizovat přímé snímky vesmírných objektů. Tato modernizace otevřela nové možnosti ve využití teleskopu především pro pozorování exoplanet. O průběhu modernizace a následném využití teleskopu jsme hovořili s Pavlem Pintrem a s Petrem Kabáthem.

Když jsem do předchozího čísla Československého časopisu pro fyziku připravovala reportáž z tiskové konference věnované modernizaci Perkova teleskopu, tušila jsem, že jen u reportáže rozhodně nezůstane. Technické řešení využití při úpravě teleskopu je natolik jedinečné a zajímavé, že by byla velká škoda nepřinést důležité technické a technologické podrobnosti vám, našim čtenářům. A proto se nyní můžete začít do rozhovoru, ve kterém nám celkovou modernizaci vysvětlí Dr. Pavel Pintr a výsledky této modernizace v praxi a pozorování přiblíží „lovce exoplanet“ Dr. Petr Kabáth.

■ **Jana Žďárská:** Nejprve se budeme zabývat technickým řešením při renovaci teleskopu, o němž bude hovořit Dr. Pavel Pintr. Mohl byste nám prosím na začátek prozradit, jak vlastně došlo k tomu, že jste modernizaci prováděli právě vy z Centra Toptec Ústavu fyziky plazmatu?

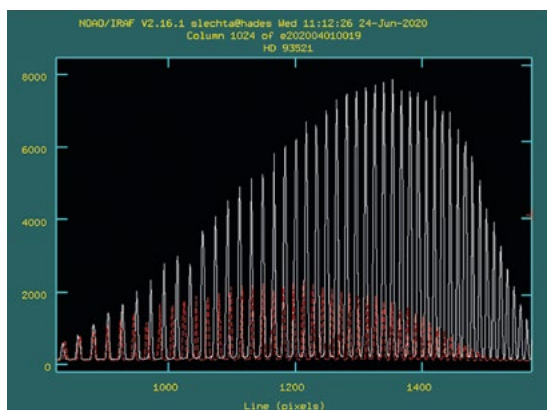
Pavel Pintr: Vývojová optická dílna, tedy předchůdkyně dnešního Centra Toptec, patřila v minulosti přímo pod Astronomický ústav AV ČR. Při následné reorganizaci se ale oba ústavy osamostatnily. Dílna pracovala nějaký čas samostatně a zpracovávala mimo jiné i zakázky Ústavu fyziky plazmatu pro PALS, Tokamak a další své výzkumné provozy. A protože zakázek bylo opravdu hodně, došlo postupně k velmi praktickému a logickému spojení s tím, že se plně modernizovaná optická vývojová dílna stala součástí ústavu fyziky plazmatu pod názvem Centrum Toptec.

■ **JŽ:** Vy jste celou modernizaci za Centrum Toptec vedl. Mohl byste nám přiblížit, jak jste se k práci v tomto výzkumném ústavu dostal?

PP: Tak to už je trošku delší historie. Já pocházím částečně z učitelské rodiny, a i když mě učitelské povolání poměrně dost zajímalo, chtěl jsem být také kosmonautem a astronomem. Ačkoliv jsem vystudoval v Žatci, odkud pocházím, poněkud netradičně obchodní akademii, pořád mě to k fyzice a přírodním vědám nadmíru táhlo. Už jako dítě jsem hlal inspirativní pořad Dr. Jiřího Grygara Okna vesmíru dokořán i knihy a pořady skvělého astronoma Carla Sagana. V rámci střední školy jsem proto chodil do astronomického kroužku v planetáriu v Mostě, kde jsem se seznámil s panem Josefem Matesem, jenž mě postupně naučil pracovat s astronomickými přístroji a také mi umožnil působit jako demonstrátor v programech pro veřejnost.

■ **JŽ:** A jak dále pokračovala vaše cesta od studenta obchodní akademie k vědeckému pracovníkovi Ústavu fyziky plazmatu?

PP: Fyzika se u mě neustále prosazovala a nenechala se odradit. Už od prvního ročníku pětileté obchodní



Porovnání výsledku modernizace dalekohledu – červená barva – spektrum před modernizací. Bílá barva – stejné spektrum hvězdy po modernizaci.

Luboš Perek (1919–2020)

Jana Žďárská

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

Dne 17. září 2020 náš svět ve svých 101 letech opustil (pokojně a ve spánku) významný český astronom, bývalý generální sekretář Mezinárodní astronomické unie a také bývalý ředitel Astronomického ústavu AV ČR doc. RNDr. Luboš Perek, DrSc., dr. h. c. (*26. 7. 1919).



L. Perek, mezinárodně uznávaný astronom a diplomat, měl významné zásluhy o rozvoj české astronomie. Foto: J. Žďárská

Luboš Perek, mezinárodně uznávaný astronom a diplomat, měl významné zásluhy o rozvoj české astronomie. Svým velikým zápallem podpořil a dovedl do vítězného konce vybudování 0,6m reflektoru univerzitní observatoře MU v Brně a 2m Zeissova reflektoru v Ondřejově. V těžkých letech tzv. normalizace 1968–75 byl ředitelem Astronomického ústavu ČSAV, kde se zasadil o založení stelárního oddělení. V letech 1989–1992 působil jako předseda České astronomické společnosti. Svým vědeckým dílem zasáhl do řady oborů, především stelární statistiky a dynamiky Galaxie, výzkumu planetárních mlhovin, kosmického práva a problematiky kosmického smetí. Vychoval také řadu svých následovníků v čele s L. Kohoutkem, P. Lárou, L. Sehnalem a J. Paloušem. Jeho vědecká činnost byla oceněna mnoha prestižními domácími i zahraničními cenami. Jmenujme např. medaili Učené společnosti ČR, kterou získal v roce 2009, a nejvyšší ocenění badatelů a významných osobností za jejich celoživotní vědeckou, od-



Luboš Perek oplýval pověstným šarmem i vtipem.
Foto: J. Grygar

bornou, pedagogickou, popularizační nebo organizační práci v astronomii a příbuzných vědách – Nušlovu cenu, která mu byla udělena v roce 1999. Na mezinárodní scéně reprezentoval českou vědu zejména v komisích a exekutivě Mezinárodní astronomické unie (IAU), organizaci COSPAR, Mezinárodní astronautické federaci (IAF), Mezinárodní astronautické akademii (IAA), Mezinárodní radě vědeckých unií (ICSU) a v úřadu generálního tajemníka OSN pro kosmický prostor.

Když jsem zaregistrovala tuto zprávu, chtěla jsem se tak jako ostatní ponořit do smutku. Ale opravdu ta první vzpomínka, která mi v tu chvíli proběhla hlavou, byla na balkon bytu Luboše Perka ve čtvrtém patře a na zábradlí, kde mi pan docent ukazoval, jak se po něm ve svém pozhnaném věku šplhal, aby uviděl Merkur. A místo slz jsem se musela pousmát, protože ten balkon byl opravdu



Planetární mlhoviny byly velkou láskou Luboše Perka. Na základě nashromážděných dat z observatoří v Mexiku a Kalifornii vydali společně s kolegou Lubošem Kohoutkem Katalog planetárních mlhovin, ve kterém popsali 1036 objektů. Foto: J. Žďárská

dost vysoko a zábradlíčko vachrlaté. Luboš Perek byl prostě vždycky nad věcí, plný nejen tvůrčího elánu a zájmu, ale také vtipu a lidskosti. A tak bych ráda toto vzpomnutí zakončila jednou z jeho odpovědí na moji otázku, kteráže planeta naší Sluneční soustavy je jeho nejoblíbenější: „Znám jednu planetu, která má dost vody, má ovzduší, které se dá dýchat – nuže hádejte, která to je...“

Literatura

(nedávné články o L. Perkovi v Čs. čas. fyz.)

- [1] J. Žďárská, L. Perek: Čs. čas. fyz. **67**, 250–256 (2017)
- [2] J. Žďárská: Čs. čas. fyz. **68**, 203–204 (2018)
- [3] J. Žďárská: Čs. čas. fyz. **68**, 351 (2018)
- [4] J. Žďárská: Čs. čas. fyz. **69**, 220–222 (2019)
- [5] J. Žďárská: Čs. čas. fyz. **70**, 273–274 (2020)

Vilém Kunzl – vedec, pedagóg, organizátor

Juraj Šebesta

emeritný člen Katedry teoretickej fyziky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského, Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava; sebesta@fmph.uniba.sk

V tomto roku si pripomínáme 40. výročie skonu prof. Viléma Kunzla. Pri tejto príležitosti chceme čitateľom Československého časopisu pre fyziku priblížiť osobnosť tohto významného československého fyzika, jeho vedeckú, pedagogickú i organizačnú činnosť nielen na materskej Karlovej univerzite v Prahe, ale aj na bratislavskej Univerzite Komenského.¹

Rodinné zázemie

Predkovia Viléma Kunzla po otcovskej línii pochádzajú z Lštění na Domažlicku. Vilémov starý aj prastarý otec boli domkári. Predkovia po matke pochádzajú zo Znojma. Matkin otec bol „výrobca dáždnikov“ [1].

Vilémov otec *Josef Kunzl* (1854 – 1932) sa v r. 1884 oženil s *Annou Ertlerovou* (1864 – 1941). Mladý pár sa zosobášil v Chrudimi, kde bol Josef „c. k. sluhom pri krajskom súde“ [1]. Postupne sa im narodili štyri dcéry. Najstaršia *Otília* (1884 – 1970) pôsobila ako učiteľka nemčiny a matematiky na meštianke a neskôr sa stala riaditeľkou školy. Ako kázal zákon, po celý život zostala slobodná, podobne ako druhá dcéra Kunzlovcov *Eliška* (1887 – 1969), ktorá na meštianke učila nemčinu a taktiež bola riaditeľkou školy. Učiteľkou na meštianke bola aj tretia dcéra *Anna* (1892 – 1986) – na rozdiel od sestier učila češtinu a ako jediná sa vydala. Najmladšia *Marie* (1896 – 1985) vyštudovala zubné lekárstvo a až do r. 1951 mala súkromnú prax. Neskôr pracovala na zubnom oddelení MÚNZ v Plzni.

Rodičia i sestry V. Kunzla žili v Plzni. V tejto súdržnej rodine sa udržiavala veľmi cenná tradícia: po vstupe do zamestnania staršie dievčatá – medzi najstaršou a najmladšou bol vekový rozdiel 12 rokov – pomáhali rodičom podporovať mladšie na štúdiách. Otec pracoval po celý život na súde, kde zastával rôzne funkcie a do dôchodku odchádzal ako riaditeľ kancelárie Krajského súdu v Plzni.

Po štyroch dcérach sa rodičom 25. apríla 1906 v Plzni narodil syn Vilém.

Štúdium

Ľudovú školu absolvoval malý Vilém v Plzni. Tu pokračoval v štúdiu na I. českej štátnej reálke, kde v roku 1924 zmaturoval s vyznamenaním. Na jeseň sa zapísal na Prírodovedeckú fakultu (PF) Karlovej univerzity (KU) v Prahe. Prvé tri semestre mal status mimoriadneho poslucháča, pretože ako absolvent reálky mal oprávnenie študovať iba na technike. V roku 1926 zložil doplnkovú skúšku z latinčiny a stal sa riadnym poslucháčom.

Známost' na celý život

Počas štúdia na PF KU Vilém Kunzl nadviazal tri známosti na celý život, ktoré v mnohom predurčili jeho životné osudy. Zhodou okolností všetci traja mladí ľudia pochádzali zo Slovenska. *Mária Engelmannová* z Detvy

sa neskôr stala jeho manželkou, *Ján Fischer* (podrobnejšie o ňom pozri [2]) celoživotným priateľom a *Dionýz Ilkovič* (podrobnejšie o ňom pozri [3] a [4]) dlhoročným kolegom.

Posledná známosť bola znásobená viacročnými kontaktmi po skončení štúdií, keď D. Ilkovič bol asistentom prof. Jaroslava Heyrovského, kým V. Kunzl pôsobil ako asistent prof. Václava Dolejška. (Treba zdôrazniť, že spomínaní profesori úzko spolupracovali, ba dokonca J. Heyrovský „prichýlil“ V. Dolejška, kým ten získal medzi fyzikmi istú autonómiu.) Preto nečudo, že D. Ilkovič sa ako profesor fyziky na Slovenskej vysokej škole technickej aj (od r. 1940) na Prírodovedeckej fakulte Slovenskej univerzity (SU) dvakrát pokúsil získať V. Kunzla za profesora fyziky do Bratislavy. Prvý pokus nebol úspešný, no druhý bol a Dr. Kunzl sa nakoniec stal prvým kmeňovým profesorom fyziky na PF SU. Krátko po príchode zariadil (1950), aby na Fyzikálny ústav PF SU prešiel z cvičného gymnázia Ján Fischer. Ten po odchode V. Kunzla do Prahy (1953) nahradil kolegu vo funkcii vedúceho Katedry fyziky PF UK (1954). Takto sa priatelia zo štúdií stali významnými osobnosťami slovenskej fyziky: D. Ilkovič bol zakladateľom fyziky na Slovensku, V. Kunzl prvým kmeňovým profesorom fyziky na PF SU (od r. 1954 PF UK) a J. Fischer zakladateľom slovenskej teoretickej fyziky.

Čo a koľko študoval

Pokiaľ ide o vlastné štúdium, musíme konštatovať, že Vilém Kunzl bol veľmi usilovný poslucháč. V prvých ôsmich semestroch sa počet hodín výučby, ktoré si zapísal, pohyboval od 33 do 53 týždenne. V posledných štyroch semestroch ich počet klesal z 18 na 2 pri zachovaní 20 hodín samostatných prác z experimentálnej fyziky.



Dionýz Ilkovič v dobe prvého pozvania V. Kunzla do Bratislavy.

¹ Podrobnejšie o živote a diele prof. V. Kunzla pozri našu stat: „Profesor Vilém Kunzl“. In: IX. zborník dejín fyziky. Ed. J. Chrapan, E. Tokariková. JSMF, Liptovský Mikuláš – Bratislava 1992, s. 1–49.

Minulost, současnost a budoucnost vesmíru podle Petra Kulhánka

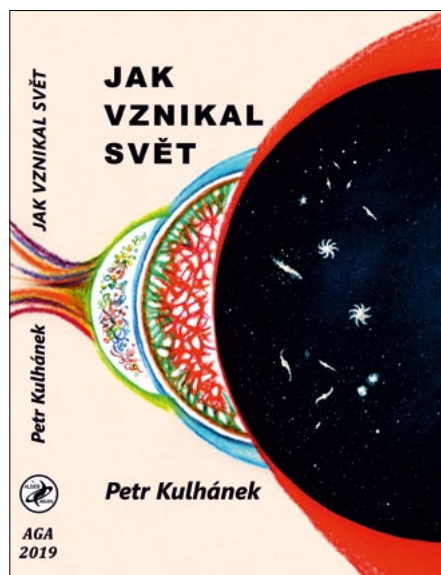
Petr Kulhánek: *Jak vznikl svět aneb třináctero příběhů o kosmologii*. AGA (Aldebaran Group of Astrophysics), Praha 2019, 240 stran. ISBN: 978-80-906638-1-7.

Prof. RNDr. Petr Kulhánek, CSc., se specializuje zejména na modely a simulace plazmatu, je ovšem rovněž popularizátorem astrofyziky a astronomie. Je tedy matematickým fyzikem, ovšem silně tendujícím k experimentálnímu ověřování a velmi opatrným v teoretických modelech. Přednáší na FEL a FJFI ČVUT, ale i veřejně, zejména ve Štefánikově hvězdárně v Praze, je zakladatelem sdružení *Aldebaran Group for Astrophysics* (AGA) a obsahovým koordinátorem serveru *Aldebaran.cz*. Tento server, přehledně rozdělený do témat, slouží jako zdroj fyzikálních informací a zároveň je v ČR jedinečnou platformou pro diskuze fyzikálních profesionálů mezi sebou i s amatérskými zájemci.

K činnosti sdružení patří i pořádání astrofyzikálních expedic či soustředění a vydávání knih, mezi něž se zařadila i uvedená publikace. Navazuje na Kulhánkovo populárně-vědecké tituly *Blýskání* (o plazmatu) a *Z kuchyně do vesmíru* (propojující všední jevy a jejich hlubší vědecké vysvětlení, jak Kulhánek sám čas od času demonstruje na veřejných seminářích FEL ČVUT).

Kosmologické literatury u nás vychází dostatek, v čem je tedy Kulhánkova kniha odlišná? Nebývalá stručnost a přitom srozumitelnost, velký podíl informací z posledních let, důraz na experimentální údaje, popis konkrétních projektů, detektorů, radioteleskopů i dalších technických zařízení a (pro čtenáře tohoto žánru) nezvykle silná astronomická orientace. Kniha je psána vybroušenou češtinou, projevující se i v detailech („částicový zvířinec“ místo obvyklejší „částicové zoo“). Nechybí věcný a jmenný rejstřík, závěr každé kapitoly ozvláštňují zajímavosti uvozené nadpisem „Víte, že“, známým starším ročníkům z dřívějších populárně-vědeckých časopisů – Kulhánek sem ovšem někdy řadí i pro obsah knihy velmi podstatné informace. Doprovodným jevem kvalitních kosmologických publikací je vtipnost jejich autorů a ta nechybí ani zde, například ve formě kultivovaných politických narážek.

Kniha začíná problémem definice síly a praktickým opuštěním tohoto pojmu v teorii relativity i kvantové mechanice ve prospěch deformace prostoročasu v prvním a polních částic ve druhém případě. V krátkých kapitolkách se seznámíte se vznikem



a vývojem hvězd, základními interakcemi, problémem temné hmoty a energie, otázkou CPT symetrie, stability protonu, kvantové pěny či gravitačních vln.

Za dva hlavní přístupy k možnému spojení kvantové mechaniky a teorie relativity bývají obecně pokládány teorie strun a kvantová smyčková gravitace. Chceme-li hledat názorová specifika jednotlivých fyziků v této oblasti, najdeme je buď v příklonu z jedné z těchto skupin teorií, nebo v tom, která z dalších teorií je jim stavěna na roveň. V Kulhánkove případě je tímto „třetím vzadu“ koncepte nizozemského fyzika Erika Verlindeho. Podle Verlindeho je gravitace statistickým projevem objektů mikrosvěta v makrosvětě, tedy vlastně entropickým jevem – tato entropie má přitom plošný i objemový zdroj: první je lokalizován například na „povrchu“ elementárních částic, druhý souvisí s kvantovými fluktuacemi vakua. Kulhánek zde zmiňuje souvislost s koncepcí modifikované newtonovské gravitace (MOND), ovšem Verlindeho přístup ke gravitaci nám také může připomenout způsob, jakým pracuje kvantová smyčková gravitace s časem jakožto (podle ní) entropickým jevem. Právě objemový zdroj entropie, který Verlinde do své teorie relativity. O významu, jaký Kulhánek Verlindeho koncepci přikládá, svědčí skutečnost, že v chronologickém přehledu Historie poznání (od 20. století) v závěrečné části knihy zmiňuje Verlindeho hned dvakrát.

Kniha není pouze o vzniku a dosavadním vývoji vesmíru, ale i o jeho budoucím osudu. Kulhánek se přiklání ke scénáři tepelné smrti, který rovněž důkladně podává. Jako jednu z nejčastějších námitek proti tomuto scénáři uvádí (mezi zajímavostmi ve „Víte, že“) problém s definicí entropie v systému daleko od termodynamické rovnováhy. Jde zde myslím především o neustálé narušování či úplnou nemožnost nastolení termodynamické rovnováhy v důsledku rozpínání

vesmíru a rychlosti tohoto rozpínání. Stejně jako ostatní čtenáře by mne ale zajímalo rozvedení daného problému samotným autorem knihy – a zejména to, proč přes onen problém stále považuje scénář tepelné smrti za nejpravděpodobnější.

U další v knize zmíněné námítky – případné nekonečnosti vesmíru – by Kulhánek mohl argumentovat svým (nazvěme jej „pragmatickým“) postojem k nekonečnu z úvodních částí knihy: i pokud jsou celkový objem, a tedy i hmotnost a energie našeho vesmíru nekonečné, konkrétní fyzikální veličiny, jako hustota vesmíru, jsou konečné a lokalizovaná nekonečna neexistují. To by, domnívám se, mohlo vést k entropii i v nekonečném vesmíru a obejít tak problém jeho neuzavřenosti.

Entropie, emergence a jejich vzájemný vztah bývají pojímány různě, nehledě na skeptické názory některých slavných fyziků (zmiňme za všechny Richarda Feynmana) na entropii zvláště. Kulhánek používá pojem emergence pro označení vlastností makrosvěta, které jsou přímým projevem zvyšování entropie systému, jako je teplo. Pojem emergence bývá ovšem také užíván – například při popisu evoluce živé přírody – ve smyslu negentropie, tedy lokálního snížení entropie na úkor celkového zvýšení entropie systému. Mezi oběma těmito významy může být úzký vztah, pokud je vytváření (dočasných) emergentních negetropických struktur přímým vedlejším účinkem entropie: jako výrazný příklad bývají uváděny disipativní struktury typu Bonnerových buněk.

Emergenci se však také někdy zaštiťuje zacházení s entropií jako ve známém přísloví o vlku a koze: příkladem budiž chápání gravitační energie jako záporné, energie částic jako kladné a celkové energie vesmíru jako nulové, zejména pokud je spojeno s představou růstu těchto hodnot oběma směry. V takovém případě už je ale myslím uznávání role entropie spíše jen formalitou. (Za rozvedení by v této souvislosti stála Kulhánkova poznámka o záporné tepelné kapacitě gravitačně vázaného systému a nejasnosti významu tohoto faktu pro představu tepelné smrti.)

Kresby Ivana Havlíčka, s nímž Kulhánek spolupracuje dlouhodobě, v sobě mají určitý kresebný amatérismus a někdy by jim slušel menší formát, ale ke stylu knihy patří. Podtrhují její celkově úspornou, technicky-manuálovou a graficky mírně „retro“ podobu s barevnou fotopřílohou na křídovém papíře uprostřed knihy, upomínající na 90. léta minulého století. Pokud má kniha nějakou slabinu, je jí snad jen již zmíněná stručnost. Zmiňme, že na některých v knize zmíněných projektech (ALICE, STAR, KATRIN apod.) významně spolupracují i čeští vědci, například z ÚJF AV ČR. Překlep jsem našel jen v označení Leibnizova teleskopu.

Miroslav Dočkal

Ústav jaderné fyziky AV ČR,
Hlavní 130, 250 68 Husinec-Rež

<https://ccf.fzu.cz>