

4 / 2020
SVAZEK 70

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS **PRO FYZIKU**[®]



- PŘÍBĚH ADAPTIVNÍ OPTIKY • DILATACE ČASU A GPS STŘEDOŠKOLSKY •
- MAGNETICKY DOPOVANÉ TOPOLOGICKÉ IZOLÁTORY • FYZIKA V DETEKTIVKÁCH
- OTEVŘEL LIDEM OKNA VESMÍRU DOKOŘÁN – ROZHOVOR S J. GRYGAREM •



ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU 4/2020

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

Founded in 1872 as „Časopis pro pěstování
matematiky a fysiky“ „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 redaktori – Associate Editors:
Jaroslav Bielčík, Pavel Cejnar, Juraj Fedor,
Petr Kácvovský, Jiří Limpouch, Jan Mlynář,
Karel Rohlena, Alena Šolcová,
Patrik Španěl, 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 matematiků a fyziků,
pobočka v Žilíně, 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

Názvoslovný čas polorozpadu

Zhruba před rokem jsem zde v úvodníku položil řečnickou otázku, zda má ještě smysl psát o fyzice (či jiných vědách) česky. Nyní se pojďme zamyslet nad navazující otázkou: *Co k takovému psaní potřebujeme?* Nemyslím tím papír a pero či textový editor v počítači, ale spíše jisté znalosti pravopisu a gramatiky, hlavně schopnost formulovat myšlenky a vystavět sdělení. A ještě jedna důležitá součást chybí, ne? ... No ano! Ještě schází *odborná terminologie* neboli názvosloví.

Nutnost vytvořit české názvosloví si dobře uvědomovali naši obrozenci. Když se Josef F. Smetana nebo František A. Petřina odhodlali napsat českou učebnici, prostě to bez názvosloví nešlo, takže si museli řadu pojmů vymyslet. Později vzniklé odborné společnosti si utvářely terminologické komise, aby o názvosloví příslušného oboru pečovaly.¹ Terminologie musí držet krok s vědou – nikdy není hotová!

Zdá se mi, že jsme v poslední době pěči o názvosloví fyziky poněkud zanedbali. Důsledkem jsou nevhodné termíny vytvořené narychlo z prosté nutnosti. Jako typický příklad může posloužit optická mikroskopie s rozlišením překonávajícím difrakční limit. Ta se rozvinula během krátké doby začátkem 21. století (Nobelova cena 2014) a v anglické literatuře se ujal termín *super-resolution microscopy* (na stoletou „ultramikroskopii“ se zapomnělo). Je to obor mně blízký, a tak jsem byl nemile překvapen tím, že česká mikroskopická komunita byla infikována termínem „super-rezoluční mikroskopie“. Reakcí by mohla být „rezoluce proti super-rezoluci“. Jde o ukázkový případ tupého „překlada“, resp. „počestění“ vedoucího ke slovu, které už svůj obecně přijatý (odlišný) význam dávno má.

To byl čerstvý příklad, ale v naší terminologii máme mnohé další nevhodné termíny, které už „zkameněly“ a těžko je otesat do vhodnější podoby. Jako terč pro zabodnutí svých kritických ostnů jsem si vybral „výstřelový šum“. Pokud jste se ještě s tímto termínem nesetkali, pak vězte, že se jedná o fluktuace naměřené veličiny, třeba intenzity záření či elektrického proudu, způsobené nespojitostí či kvantovou podstatou veličiny – elektrický proud je tvořen elementárními náboji, tok záření tvoří fotony či různé hmotné částice atd. Tento šum se řídí Poissonovým rozdělením a poprvé na něj poukázal Walter Schottky při měření fluktuací proudu vakuovou elektronkou (1918). V němčině nazval tento šum *schrotrauschen*. Zřejmě neměl na mysli význam *schrott*, jak ho máme v češtině (šrot – kovový odpad), ale spíše „drť“ (broky – drť olova), tedy „šum nadrcené, granulové veličiny“. Jak z tohoto celkem výstižného termínu mohl vzniknout anglický *shot noise*? Foneticky to zní podobně, tak se možná někdo přeslechl? Evidentně však český termín vznikl překladem toho anglického, nikoliv německého (výstřel v němčině je *schuss*). Mnohé jazyky, jako francouzština (*bruit de grenaille* – drť, granule, broky), ruština (*drobovoj šum*) či polština (*szum śrutowy*), se s tímto termínem vypořádaly lépe.

Co s tím? Ať už bude návrh na nahrazení nevhodného pojmu (napadá mě *diskrétní* či *poissonovský šum*) výborný, nebo slabší, šance vytěsnit a nahradit zažitý termín je mizivá. Můžeme konstatovat, že *poločas rozpadu* nevhodného pojmu je velmi dlouhý... Vidíte, jak se mi tu vloudil další zažitý termín? *Poločas rozpadu* je doba, za kterou se rozpadne polovina jader radioaktivních izotopů. Jelikož je průběh rozpadu exponenciální, je druhý „poločas“ mnohem delší. Nejedná se o polovinu času, jak naznačuje termín. Správně bychom měli říkat *čas polorozpadu*.²

Co tedy dělat pro to, aby vznikaly příhodnější české odborné termíny? Dal by se stvořit nějaký stručný „návod“ (algoritmus), jak postupovat při převádění cizích termínů do češtiny a čeho se přitom vyvarovat? Pomohl by nějaký interaktivní webový slovníček, snadno dostupný zejména studentům? Máte o takovéto otázky zájem? Pak můžete přijít na veřejnou diskusi (zahnující i problematiku odborné terminologie) s názvem *Proč má smysl psát o fyzice česky a slovensky*, která proběhne v rámci 20. konference českých a slovenských fyziků dne 8. září 2020 v Praze.³ Toho dne zde bude i několik akcí pro širokou veřejnost.

Jan Valenta

1 Pozn. Velká část odborné terminologie je tzv. *normalizována*, tedy vyjmenována v příslušných státních normách navazaných na normy mezinárodní. Tím bychom se tedy měli řídit. Osobně však neznám mezi blízkými kolegy nikoho, kdo by investoval nemalé peníze do nákupu štosu potřebných norem (sem *open access* nedorazil a ještě dlouho nedorazí) a věnoval se jejich studiu – prostě používají termíny, které v běhu získávají z literatury svého oboru.

2 Pro zajímavost – kdysi se v české literatuře vyskytoval pojem „disintegrační konstanta“.

3 <https://indico.cern.ch/event/851173/timetable/#20200908.detailed>

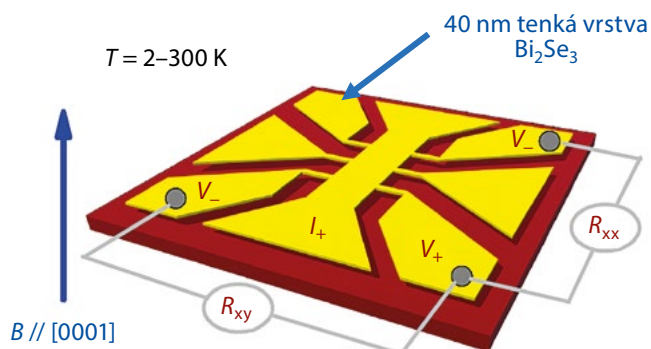
Obsah

AKTUALITY

Magneticky dopované topologické izolátory

242

Vladimír Tkáč

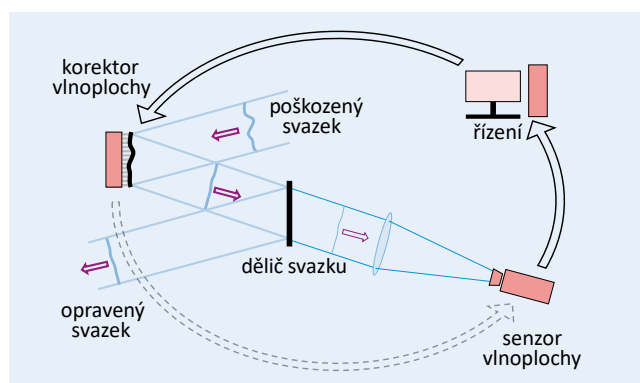


METODY A PŘÍSTROJE

Příběh adaptivní optiky

245

Jan Pilař

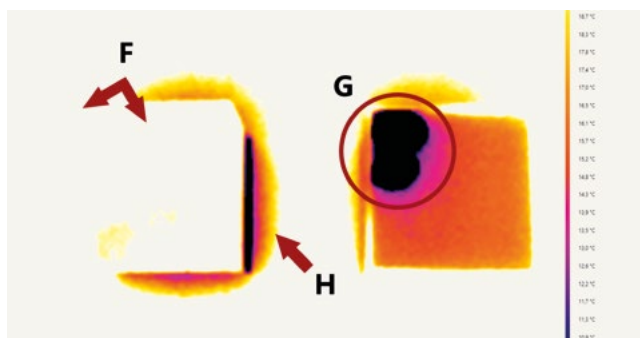


FYZIKÁLNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

Důkaz konvekce jako dominantního jevu tání kostek ledu

250

Vladimír Vochozka, Pavla Wegenkittlová



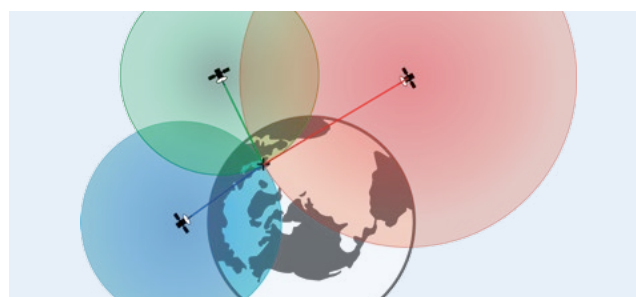
FYZIKÁLNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

OBECNÁ TEORIE RELATIVITY STŘEDOŠKOLSKY – TŘETÍ ČÁST:

Dilatace času a GPS

254

Matěj Ryston



FYZIKÁLNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

Výroba želatinových optických prvků jako nástroj badatelsky orientované výuky

258

Roman Chvátal



Fyzika v detektivkách a detektivka ve fyzice

261

Jana Česáková

ZPRÁVY

Einstein opět v Praze (5. část)

266

Pražská setkání nejen s Einsteinem

Stanislav Daniš



Obrázek na obálce: Fotografie z interiéru 4. jednotky teleskopu Very Large Telescope (VLT) Evropské jižní observatoře, kde uprostřed vidíme žlutý laserový paprsek k vytvoření umělé naváděcí hvězdy (LGS). Laser se nachází na vrcholu sekundárního zrcadla (o průměru 1,2 m) a vytváří umělou hvězdu ve výšce 90 km, která umožňuje korekci obrazu pomocí adaptivní optiky – viz článek na str. 245. Kredit: Y. Beletsky (LCO) / ESO, CC BY 4.0

ZPRÁVY

Einstein opět v Praze (6. část) 270

Záskok: krátké nahlédnutí do kuchyně filmařů

Jan Valenta



Dvoumetrový teleskop „Perek“ v novém... 273

Jana Žďárská

HISTORIE FYZIKY

František Závíška – moderní klasik české teoretické fyziky 275

Jan Valenta, Václav Křepelka



HISTORIE FYZIKY

Ke stoletému jubileu díla Faradayova 290

František Závíška



Seismická stanice Kašperské Hory – místo zrození širokopásmové seismometrie 294

Petr Kolář

ROZHOVOR

Otevřel lidem okna vesmíru dokořán... 298

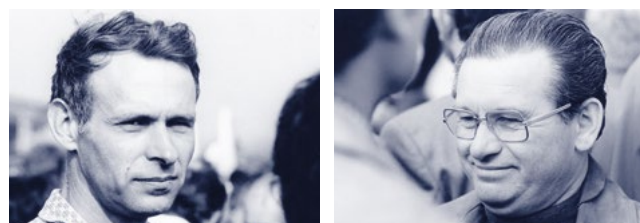
Jiří Grygar, Jana Žďárská



LIDÉ A FYZIKA

Trojí vzpomínání na Jiřího Langera 306

Jiří Bičák, Oldřich Semerák, David Kofroň



Vzpomínka na RNDr. Miroslava Jireše, CSc. 309

Jan Hladký

RECENZE KNIH

Jan Hladký: Paměti kosmika 313

Fyzikálního ústavu ČSAV

Jan Valenta



Magneticky dopované topologické izolátory

Vladimír Tkáč

Katedra fyziky kondenzovaných látok, Ústav fyzikálnych vied, Prírodovedecká fakulta Univerzity P. J. Šafárika, Park Angelinum 9, 040 01 Košice

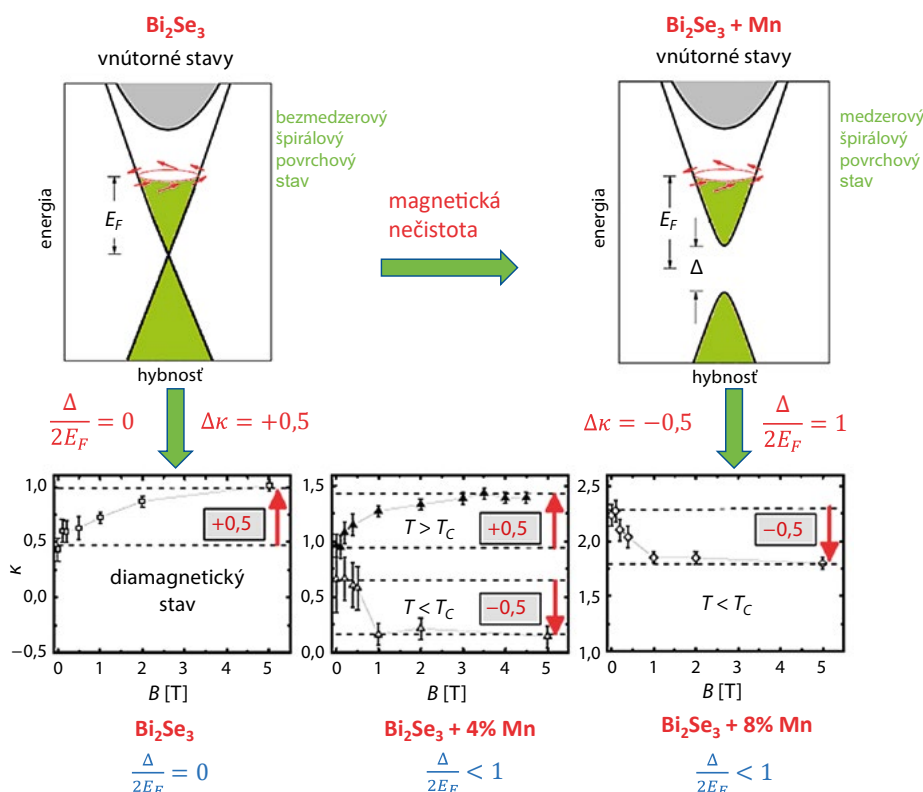
Katedra fyziky kondenzovaných látok, Matematicko-fyzikálna fakulta, Univerzita Karlova, Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2

Za teoretické objavy topologických fázových prechodov a topologických fáz hmoty bola v roku 2016 udelená Nobelova cena za fyziku [1]. Náš aktuálny výskum bol zameraný na štúdium jedného z prvých objavených trojrozmerných (3D) topologických izolátorov (TI) Bi_2Se_3 . Materiál, ktorý sa za ideálnych podmienok správa ako elektrický izolátor vo vnútri, avšak obsahuje voľné elektróny na povrchu.

Fyzika TI bola najprv študovaná v dvojrozmernom systéme (2D), tzv. kvantovej studne $\text{HgTe}/\text{HgCdTe}$ [2], ktorá obsahuje jednorozmerné spinovo polarizované špirálové okrajové stavy. Odpovedajúca trieda 3D TI sa neskôr našla v materiáloch chalkogenidového typu $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$, Bi_2Te_3 a Bi_2Se_3 , ktoré sa vyznačujú veľkou spin-orbitálnou väzbou.

Jedným z významných prejavov „topologickosti“ daného materiálu je, že elektrónové stavy vykazujú charakteristickú špirálovú spinovú textúru. Táto textúra je schematicky znázornená malými červenými

šípkami na obr. 1 (hore). Druhou dôležitou vlastnosťou je prítomnosť lineárneho disperzného spektra bez energetickej medzery ($\Delta = 0$) ako je zobrazené na obr. 1 (vľavo hore). Dôsledkom tejto lineárnosti je to, že voľné elektróny sa správajú ako nehmotné častice. Z hľadiska merania transportných vlastností je zaujímavé, že pre elektróny nachádzajúce sa v týchto tzv. topologických povrchových stavoch (TPS) je zakázaný spätný odraz o 180 stupňov od nemagnetickej nečistoty. Elektrón môže v prípade prítomnosti mriežkovej poruchy alebo inej nemagnetickej nečistoty cestovať okolo Fermiho kruhu s kvantovou fázou π , ktorá sa nazýva Berryho fáza. V tomto kruhu môže elektrón cestovať dvoma smermi [v smere hodinových ručičiek (SMH) a proti smeru hodinových ručičiek (PSMH)] a v dôsledku pravidiel kvantovej mechaniky musíme uvážiť vlnovú funkciu, ktorá pozostáva z kombinácie týchto dvoch pohybov. Ak je relatívna fáza vo výslednej vlnovej funkcii rovná π , dochádza k deštruktívnej interferen-



Obr. 1 (hore) Schematický náčrt pásovej štruktúry topologického izolátora s neporušenými topologickými povrchovými stavmi (vľavo); a topologickými povrchovými stavmi, ktoré sú ovplyvnené magnetickým dopovaním, ktoré zapríčiňuje vznik energetickej medzery Δ (vpravo), E_F predstavuje hodnotu Fermiho energie (dole). Príslušné experimentálne hodnoty parametra κ pri teplotách nad a pod feromagnetickým fázovým prechodom pre vzorky s rôznymi koncentraciami mangánu.

Příběh adaptivní optiky

Jan Pilar

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 na základní principy této revoluční metody a přibližme si její historický vývoj.

Motivace pro vznik adaptivní optiky

Myšlenka adaptivní optiky (AO) vzešla z astronomického prostředí a byla poprvé formulována v padesátých letech 20. století americkým astronomem Horacem W. Babcockem – pozdějším ředitelem observatoře Palomar v Kalifornii [1]. Observatoř Palomar je provozována Kalifornským technologickým institutem (Caltech) a jako taková vždy patřila k předním vědeckým observatořím. Od roku 1948 je zde umístěn Haleův teleskop o průměru 200 palců (asi 5 m), který se po uvedení do provozu držel po 27 let na první světové příčce co do velikosti primárního zrcadla a zůstává na předních pozicích dodnes.

Právě pozemské teleskopy velkých rozměrů nejvíce pociťují atmosférické limity pozorování oblohy. Tyto limity nejsou dány technologickým omezením schopnosti výroby velkého primárního zrcadla v patřičné kvalitě, ale především kvalitou pozorovacích podmínek (tzv. astronomický *seeing*)¹. Kvalita pozorovacích podmínek je dána hlavně mírou chvění atmosféry, ve které se mísí teplý a studený vzduch, a tak vznikají turbulentní proudy v jejích různých vrstvách. Protože index lomu vzduchu je závislý na jeho teplotě a hustotě, je světlo procházející takovou vrstvou turbulentní atmosféry ovlivněno ve smyslu drobných změn ve směru jeho šíření. Pro lidské oko a teleskopy malých rozměrů se tyto drobné náhodné a rychle se měnící změny směru šíření světelného signálu projevují jako jemný a rychlý pohyb objektu, většinou doprovázený stejně rychlými změnami zdánlivé intenzity. Oba jevy jsou souhrnně označovány jako „mihotání“ a je dobře patrné při pohledu pouhým okem na jasné hvězdy. Při použití teleskopu s větší aperturou se mihotání do určité míry omezí a turbulence v atmosféře se projeví především jako rozmazání obrazu. Při pohledu na větší ob-

jekty, jako třeba Měsíc, můžeme také pozorovat „teteleň“ obrazu, což znamená, že obraz je zdánlivě rozdělen na dílčí podoblasti, jejichž hranice neustále mění svůj tvar a náhodně se vůči sobě pohybují. Velikost těchto dílčích podoblastí, střední amplituda a rychlost jejich pohybu jsou potom závislé na síle a míře atmosférických turbulentí. Tento jev je také zodpovědný za rozmazání astrofotografických snímků pořízených při delších expozičních časech (nesouvisející s problémem kompenzace otáčení Země). V důsledku je tak rozlišovací schopnost pozemských teleskopů omezena zhruba na úroveň odpovídající teleskopům o apertuře 10–20 cm [2].

Problém vlivu turbulentní atmosféry na kvalitu astronomického pozorování byl v padesátých letech 20. století dobře znám, avšak metody měření těchto vlivů byly teprve formulovány a stejně tak metody kompenzace zhoršených pozorovacích podmínek [3]. V zásadě jsou dva možné způsoby, jak se seeingu alespoň částečně zbavit. První způsob představuje výběr lokality pro vlastní pozorování. Toto bylo zřejmě již dlouho, nicméně teprve s příchodem technik měření seeingu a dalších aspektů ovlivňujících pozorování, bylo možné objektivně porovnat podmínky světových astronomických lokalit a vybrat ty nejvhodnější k výstavbě velkých pozemských observatoří, jež by byly co možná nejméně zatíženy vlivem atmosférických turbulentí. Při výběru vhodné pozorovací oblasti je zapotřebí minimalizovat množství světelného smogu, vybrat oblast s klidným prouděním vzduchu a co možná nejvíce omezit tloušťku husté atmosféry nad pozorovatelem tak, aby bylo světlo hvězd co nejméně ovlivněno průchodem atmosférou (vyšší nadmořská výška). Pokud budeme poslední aspekt výběru pozorovacího místa extrapolovat a umístíme teleskop nad zemskou atmosférou – tedy na oběžnou dráhu Země či hlouběji do vesmírného prostoru – zbavíme se omezení seeingu zcela. Na tuto variantu poukázal již roku 1946 americký fyzik *Lyman Spitzer* a později ji rozvinul v projektu *Hubble*ova vesmírného teleskopu. Tato možnost je finančně velice náročná a podléhá poměrně přísným technologickým omezením na maximální velikost, hmotnost a mechanickou pevnost vesmírného teleskopu. Na druhou stranu má vesmírný teleskop jiné výhody oproti pozemským, zejména ve smyslu spektrálního rozsahu detekovatelného záření, které není stíněno zemskou



Čtyři umělé laserové hvězdy na teleskopu VLT, v chilském Paranalu. Moderní systémy adaptivní optiky využívají pokročilá schémata řízení a kombinují hned několik senzorů vlnoplochy, fázových korektorů i umělých hvězd. Kredit: ESO/F. Kamphues

¹ *Astronomický seeing* by se dal česky nazvat např. jako „jev v atmosféře zhoršující pozorovací podmínky“, což je neprakticky dlouhý termín – proto se používá i mimo angličtinu termín „seeing“. Potíž je trochu s tím, že se za ním mohou skrývat různé způsoby kvantifikace. Jedním ze způsobů je uvádět pološířku profilu intenzity zobrazeného bodového zdroje (hvězdy). Druhá možnost je uvádět *Friedův parametr* – maximální velikost průměru primárního zrcadla (apertury), kdy efekt atmosféry začne výrazně zhoršovat zobrazení optickým systémem. Tedy v prvním případě chceme hodnotu parametru seeingu minimalizovat, ve druhém maximalizovat.

Důkaz konvekce jako dominantního jevu tání kostek ledu

Vladimír Vochozka, Pavla Wegenkittlová

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta, katedra aplikované fyziky a techniky, Jeronýmova 10, 371 15 České Budějovice

Školní pokus dokazující proudění kapalin s kostkami ledu je možné dohledat v mnoha učebnicích. Pomůcky a průběh experimentu se různě liší. Cílem je dokázat proudění v kapalině v závislosti na rozdílné hustotě způsobené odlišnou teplotou. Pomocí termokamery je možné pozorovat rozložení teploty povrchu nádoby před vložením kostek ledu, v průběhu tání kostek a na konci tání. V textu příspěvku je naznačen možný postup řešení a analýza výsledků.

Termovizní kamery jsou výborným pomocníkem ve výuce fyziky. Cena základních přístrojů je dosažitelná pro základní i střední školy. V rukou učitele či žáků/studentů nabízí nový pohled na známé jevy.

Termografie

Infračervená termografie se zabývá analýzou rozložení teplotního pole povrchu tělesa bezkontaktním měřením. Princip využívá zachycení energie vyzařované povrchem zkoumaného objektu v infračerveném spektru elektromagnetického záření a její převedení na elektrický signál. Získaný signál je dále převeden analogově-digitálním převodníkem na signál v binárním kódu [1].

Vzniklý datový proud je pomocí mikroprocesoru vhodně upravován a dále transformován do některého grafického formátu používaného pro záznam obrazových dat. Výsledným zachyceným obrazem teplotního pole je termogram (infračervený snímek) [1].

Termogram

Radiometrický termogram v sobě obsahuje informace o povrchové teplotě objektu. Současně také povrchové



Obr. 2 Předem vychlazené matice na polovině ledové kostky.

vlastnosti ovlivňující schopnost vyzařování infračerveného záření (emisivita ϵ), zdánlivou odraženou teplotu, vzdálenost od měřeného objektu a údaje o okolní atmosféře. Jde o snímek, který se skládá z jednotlivých pixelů. Informuje o povrchovém rozložení zdánlivé teploty na povrchu měřeného objektu či měřených objektů [2].

Přenos tepla

Sdílení tepla lze dělit na tepelnou výměnu vedením (kondukcí), prouděním (konvekce) a sáláním (záření, radiace) [3].

Při kondukcí v pevných látkách předávají částice v oblasti s vyšší teplotou část své střední energie prostřednictvím vzájemných srážek částicím v místech s nižší teplotou. Částice se nepřemísťují, ale kmitají kolem svých rovnovážných poloh. Teplo se může šířit vedením také v kapalinách a plynech. Zde se však především uplatňuje přenos tepla prouděním v kapalině [3].



Obr. 1 Forma na led zalitá do poloviny.

<https://ccf.fzu.cz>

OBEČNÁ TEORIE RELATIVITY STŘEDOŠKOLSKY – TŘETÍ ČÁST: Dilatace času a GPS

Matěj Ryston

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

V dnešním díle se zaměříme na hůře představitelnou, ale neopomenutelnou část obecné relativity, kterou je čas. Zejména pak na účinky gravitace na jeho plynutí a způsoby, jakými můžeme studentům tento jev přiblížit. Abychom se vyhnuli složité teorii, bude těžiště našeho výkladu spočívat v popisu reálných experimentů. Nesmí samozřejmě chybět ani zmínka o satelitních systémech globální navigace, které jsou esem v rukávu každého, kdo čelí otázkám typu „k čemu nám je ta relativita vlastně dobrá?“.

Gravitační dilatace času

V minulém článku série jsme se věnovali popisu a vizualizaci zakřivení prostoru v gravitačním poli. Narazili jsme však na poměrně zásadní problém. I když přijmeme popis gravitačního pole jako zakřivení prostoru kolem gravitujících těles, které následně ohýbá trajektorie těles pohybujících se kolem, a ne jako přitažlivé síly mezi tělesy, nedokážeme tímto způsobem vysvětlit, proč by se pod vlivem gravitace mělo těleso původně v klidu začít pohybovat. Tento popis tak naráží na problém hned u jednoho z nejjednodušších pohybů v gravitačním poli, který známe – volného pádu.

Naštěstí to neznamena, že je náš dosavadní výklad špatně, pouze je neúplný. Čtenář si možná vzpomene, že jsme naše povídání v první části začali větou „gravitace je zakřivení prostoročasu“. Pojmu prostoročas jsme se však zatím pečlivě vyhýbali, protože jeho zavedení spadá do speciální relativity a tu se v našem výkladu snažíme pokud možno nepoužívat (ale právě dnes uvidíme, že se jí zcela nevyhneme). Osobně v tomto okamžiku výkladu říkám něco ve smyslu „doteď jsme se bavili o zakřivení prostoru, nyní se pojďme podívat na zakřivení času“. Tato vágní formulace není myšlena zcela vážně, ale odkazuje na naši snahu dívat se na fyzikální situaci geometrickým způsobem, a navíc často viditelně upoutává svou zvláštností pozornost studentů. Samozřejmě je hned třeba věci trochu osvětlit. Stejně jako jsme si ukázali, že geometrie prostoru nefunguje v gravitačním poli tak, jak bychom čekali (mluvili jsme o jeho zakřivení ve smyslu vnitřní geometrie), ukazuje se, že i čas plyne obecně v různých místech gravitačního pole různě – mluvíme o tzv. *gravitační dilataci času*.

Čtenář znalý základů OTR si jistě vzpomene na standardní úvod ke gravitační dilataci času. Vede přes tzv. *silný princip ekvivalence* ([1] – ve druhé části jsme se zmiňovali o slabém principu ekvivalence, který se týká otázky rovnosti mezi gravitační a setrvačnou hmotností) a poznatky speciální relativity. My tím pádem touto

teoretickou cestou nepůjdeme. Namísto toho si popíšeme několik reálných experimentů, které nám (potažmo našim středoškolským čtenářům) situaci lépe přiblíží.

Atomové hodiny v letadlech

Jednou z předpovědí obecné relativity je, že uvažujeme-li dva stojící pozorovatele různě daleko od gravitujícího tělesa, bude čas pozorovatele blíže k tělesu plynout pomaleji (samozřejmě je pro naše úvahy potřeba dodat, co je myšleno „rychlostí plynutí času“). Pro jednoduchost a zároveň korektnost našeho výkladu budeme mluvit o měření pomocí hodin, které jsou stejně nakonec to, co reálně používáme při experimentu. Je ale důležité zdůraznit, že tím nemáme na mysli vliv gravitace pouze na chod samotných hodin). Například tedy na povrchu Země by měly hodiny jít pomaleji než v nějaké výšce nad povrchem.

Stejně jako je tomu v relativitě skoro vždy, v našich podmínkách se jedná o velmi nepatrný efekt, tudíž nejsme z běžného života na něco takového zvyklí, a pokud chceme podobný jev odhalit, musí být naše měření času velmi přesné. Velmi hezký experiment právě za účelem ověření účinku gravitačního pole na plynutí času na naší planetě provedli v roce 1971 pánové Hafele a Keating (pro příslušné články viz [2, 3], populárnější shrnutí najdeme ve [4]). V rámci experimentu byly čtyři atomové hodiny naloženy do letadla a poslány směrem na východ i na západ. Uplynulé časy byly následně po-

	Předpovězené časové rozdíly v ns			
	Gravitační dilatace	Kinematické dilatace	Celkem	Naměřeno v ns
Let na východ	+144 ± 14	-184 ± 18	-40 ± 23	-59 ± 10
Let na západ	+179 ± 18	+96 ± 10	+275 ± 21	+273 ± 7

Tab. 1 Shrnutí výsledků Hafeleova-Keatingova experimentu.

Výroba želatinových optických prvků jako nástroj badatelsky orientované výuky

Roman Chvátal

Katedra experimentální fyziky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc; roman.chvatal@upol.cz

Želatinové optické prvky vyrobené přímo žáky lze využít k naplnění cílů badatelsky orientované výuky v oblasti paprskové optiky. Článek popisuje podrobný návod na výrobu želatinových optických prvků a poskytuje námět na experimenty, při kterých žáci popíší základní fyzikální zákonitosti paprskové optiky. Čtenář se také seznámí s výsledky předvýzkumu zabývajících se dopadem neformálního vzdělávání na žáky.

Motivace

Při přípravě vzdělávacích programů určených pro školy, které navštíví olomoucké science centrum *Pevnost poznání*, je dbáno na zajištění aktivního přístupu žáků k dané problematice. V rámci fyzikální expozice zaměřené především na optiku a astronomii vznikl vzdělávací program na téma čočky. Program je koncipován jako výuková jednotka o délce 45 minut určená pro maximálně 15 žáků. V úvodu se žáci stručně seznámí s cílem a obsahem programu a ihned začnou s výrobou želatinových optických prvků. Během doby, kdy optické prvky tuhnou v chladničce, lektor seznámí žáky se základními pojmy z oblasti paprskové optiky a nastíní, jaké jevy budou žáci zkoumat s využitím vyrobených optických prvků. Pozorování fyzikálních jevů je však předmětem vlastního bádání žáků, kteří během experimentování popíší pozorované fyzikální zákonitosti. Cíle vzdělávacího programu jsou tak naplněny díky vlastní aktivitě žáků a lektor vstupuje do výukové jednotky pouze jako pomocník (facilitátor), který seznámí žáky s dílčími postupy práce.



Obr. 1 Formy k odlévání čoček.

<https://ccf.fzu.cz>



**PEVNOST
POZNÁNÍ**

Logo centra popularizace *Pevnost poznání Olomouc*.

Výuka ve science centrech je charakteristická využíváním mnoha aktivizujících metod a forem výuky. Mějme však na paměti, že nemůžeme zcela jasně říci, která didaktická metoda je aktivizující a která nikoliv. Vždy záleží na mnoha okolnostech, jež určují, zda za pomoci určité metody dosáhneme kýženého cíle, ale určité didaktické metody můžeme označit za metody s vyšším aktivizačním potenciálem [1]. Za ucelený soubor metod a forem výuky, který klade vysoký důraz na aktivizaci žáků, lze považovat badatelsky orientovanou výuku, na kterou „nahlížíme jako na pojetí výuky, které nachází odraz ve všech jejích složkách, nejen v oblasti metod výuky“, z čehož vyplývá, že „badatelsky orientovaná výuka je více nežli metoda“ [2]. Na základě uvedeného můžeme badatelsky orientovanou výuku charakterizovat podle Dostála jako „činnost učitele a žáka zaměřenou na rozvoj vědomostí, dovedností a postojů na základě aktivního a relativně samostatného poznávání skutečnosti žákem, kterou se sám učí objevovat a objevuje“ [2]. Využitím vyrobených želatinových optických prvků můžeme naplnit další význam badatelsky orientované výuky, totiž její „stěžejní roli v rozvoji myšlení, tvořivosti a schopnosti řešení problémů“ [2].

Při návrhu aktivity, která je založena na vlastní výrobě optických prvků, jsem postupoval na základě

Fyzika v detektivkách a detektivka ve fyzice

Jana Česáková

Přírodovědecká fakulta, Univerzita Hradec Králové, katedra fyziky, Rokitského 62, 500 03 Hradec Králové III; jana.cesakova@uhk.cz

Přírodovědné disciplíny nepatří ve školách mezi nejpopulárnější předměty. Je to však vlastně paradox, protože věda působí velmi atraktivně, aspoň v detektivkách. Detektivky s propracovanými metodami a zajímavými pokusy se těší ve společnosti značné popularity. Zkusme tedy ozvláštnit fyziku detektivkou nebo možná detektivku fyzikou...

Přírodovědné předměty nejsou mezi žáky těmi nejoblíbenějšími. Ukazuje to mimo jiné projekt Mini-sčítání Českého statistického úřadu, kde např. fyziku jako oblíbený předmět označilo v roce 2015 2,7 % respondentů, chemii 2,1 % respondentů [1]. Na druhou stranu detektivky na všechny možné způsoby do velké míry zahltily svět televizních obrazovek i čtenářských pultů. Těší se velké oblibě a nabízejí nepřetržité možnosti, protože se mohou zaměřit na libovolné téma a jakýkoliv věk. Obklopují nás již od nejmenšího věku – od prvních kreslených pohádek přes zábavné pořady s detektivní tematikou (australský cyklus *Věda je detektivka*) až k moderním příběhům, které využívají různé vědecké obory (obr. 1). Kouzlo detektivek spočívá v touze odhalit skrytou pravdu. A to mají věda a detektivka společné. Proč tedy nevyužít detektivku ve výuce? Detektivní inspiraci lze využít k tomu, aby se žáci snažili odhalit podstatu nějakého problému, naučili se správně pozorovat a zajímat se o svět kolem nich a kriticky přemýšleli o tom, jak věci kolem fungují, což požadují i rámcové vzdělávací programy. Zkusme najít inspiraci, jak by bylo možné využít detektivku nebo alespoň detektivní motivy ve výuce fyziky.

Vyřešení trestného činu není jednoduchá záležitost a využívá se k tomu mnoha různých postupů a metod. Řada těchto metod je odvozena z jiných vědních oborů a je jen přizpůsobena k tomu, aby co nejlépe vyhovovala dané aplikaci. Tím, že necháme žáky, aby postupovali jako vyšetřovatelé, docílíme toho, že si nenásilnou formou vštěpí zásady například měření a zpracování dat, ověřování hypotézy, kritického myšlení apod. Navíc je tato činnost může bavit, protože se stanou vyšetřovateli. Detektivky však nabízejí i možnosti pro mezipředmětové vyučování – může se zapojit chemie, biologie, matematika, ale i český jazyk, dějepis, žáci mohou i nějaké příběhy vymyslet, být kreativní, naučit se vyhledávat informace a pracovat s nimi, tvořit dlouhodobé projekty atd. Zkrátka, záleží jen na učiteli, co vše chce do příběhu zapojit.

Nejprve si ujasněme několik zásadních pojmů a představme si vědní obory, které lze ve výuce využít.



Obr. 1 Atraktivitu krimiseriálů zajišťují i záběry s UV světlem. Zdroj obrázku: https://www.idnes.cz/technet/technika/csi-efekt.A111205_113512_tec_technika_fur/foto/KUZ4b5b86_nyc020805djt1137.jpg, autor: U.S. Customs and Border Protection

Kriminologie, nebo *kriminalistika*? Oba pojmy spolu úzce souvisejí a často se v nich chybí. Kriminologie i kriminalistika (např. i spolu s forenzními vědami) patří do tzv. *kriminálních věd*, zabývají se podobnými otázkami, jen k jejich zodpovězení využívají rozdílné metody a postupy [2]. Kriminologie je nauka o kriminalitě, což je odvozeno z latinského slova „*crimen*“ (zločin) a řeckého slova „*logos*“ (nauka) [3]. Můžeme tedy říci, že je to věda o zločinnosti, společenskovední

Fyzikální vzdělávání
Zkušenosti učitelů a nové metody výuky

Einstein opět v Praze (5. část)

Pražská setkání nejen s Einsteinem

Stanislav Daniš

Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova, katedra fyziky kondenzovaných látek, Ke Karlovu 5, 121 16 Praha 2; danis@mag.mff.cuni.cz

Jak už se čtenáři žlutého časopisu dozvěděli [1], natáčel se nedávno v České republice seriál věnovaný Albertu Einsteinovi. V deseti dílech seznamuje diváky – byť s určitou uměleckou licencí – s jeho životem a příběhem objevů spojených s jeho jménem. Od dětského údivu nad magnetickou střílkou kompasu přes *annus mirabilis* a formulaci obecné teorie relativity až k neúspěšným pokusům o teorii sjednocení.

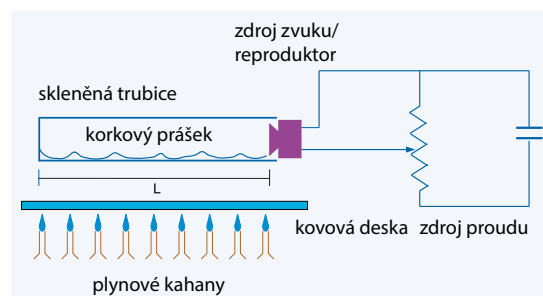
Paralelně k hlavní dějové lince se divák setkává i s několika vybranými objevy a experimenty konce 19. a počátku 20. století. A právě k filmové realizaci experimentů jsem byl přizván. Podobně jako u objevů A. Einsteina i v tomto případě bylo potřeba prostudovat původní práce a komentáře k nim. A především zjistit, jaké přístrojové a další vybavení měli tehdejší vědci k dispozici. Podle toho buď byly starší přístroje vypůjčeny z univerzitních depozitářů, nebo barrandovští technici vyrobili jejich velmi zdařilé makety. Jakmile jsem obdržel část scénáře, která měla být zanedlouho natočena, bylo mým úkolem zajistit, aby – i přes umělecké ztvárnění – nedošlo k příliš velkým nepřesnostem. Na místě natáčení jsem pomáhal hercům s tím, co a jak mají dělat. Protože se řada efektů dokončovala trikovými záběry, bylo nutné jejich tvůrcům vysvětlit, jak mají postupovat. Například, jak rychle se bude pohybovat světelná stopa zrcátka galvanometru a jak moc zeleně bude svítit rádiová sůl.

Setkání první – výbuch

Poprvé jsem se s filmovým štábem setkal v místnosti základního fyzikálního praktika I. na Matematicko-fyzikální fakultě. Sešli jsme se u úlohy s Kundtovou trubicí, která sehrála důležitou roli ve druhém díle. Mladý Albert Einstein se po doplnění středoškolských znalostí v Aarau vrátil na curyšskou polytechniku. Během studií musel zvládnout řadu experimen-



Obr. 1 Zvukové vlny zviditelněné pomocí jemných korkových částic.



Obr. 2 Schéma Kundtova experimentu pro přípravu k úloze.

tálních úloh. Jedna z nich spočívala v měření vlnové délky a rychlosti zvukových vln pomocí Kundtovy trubice.

Jejím autorem je německý fyzik August Kundt (1839–1894), jenž roku 1866 publikoval princip měření rychlosti zvuku [2]. Ten je následující: do skleněné trubice uložené vodorovně se vloží jemný korkový prach. Trubice je na jednom konci uzavřena, do druhého konce se vloží zdroj akustických vln, například reproduktor, nebo dlouhá mosazná tyč s korkovou zátkou uchycená přesně v polovině své délky. Jejím třením se tyč podélně rozkmitá a zátka generuje v trubici zvukové vlny. Pokud je jejich intenzita dostatečná, vibrující vzduch hýbe částicami korku. Je-li délka mezi koncem trubice a korkovou zátkou na tyči celočíselným násobkem poloviny vlnové délky zvukových vln, budeme na stěně trubice pozorovat kmitny a uzly vytvořené zvukem, viz obrázek 1. Ze známé frekvence a vlnové délky se určí rychlost jejich šíření.

Až potud by bylo vše jednoduché. Ovšem zadání od filmového štábu bylo, že trubice *musí* Einsteinovi během experimentu *vybuchnout*. A tak jsem navrhl, že by mohl měřit teplotní závislost rychlosti zvuku. Během zahřívání trubice by došlo k její explozi. Filmaři souhlasili. Připravil jsem návody k úloze (v němčině), viz obrázek 2, a (předvyplněné) záznamové archy pro měřená data.

Plyn se zahříval pomocí plynových kahanů (viz obrázek 3), které ovšem zanechávaly na skleněné trubici vrstvu sazí, a tak bylo potřeba po každém natáčení trubici vyčistit.

Student Einstein neměl na experimentální úlohu trpělivost. Pozorované efekty se mu zdály příliš malé, a tak zintenzivní jak ohřev, tak amplitudu zvukových vln. Samotný výbuch byl později animován v postprodukci. Filmaři zřejmě nechtěli riskovat, že nechtěně

Einstein opět v Praze (6. část)

Záskok: krátké nahlédnutí do kuchyně filmařů

Jan Valenta

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

Jednoho dne počátkem roku 2017 se na mě obrátil kolega Standa Daniš s tajemným dotazem, zda bych za něj nezaskočil v jisté speciální záležitosti. Nakonec se ukázalo, že potřebuje jeden den záskok „na place“ při natáčení seriálu *Genius*. Tak jsem se stal „zaskakujícím vědeckým poradcem“. Byla to skvělá možnost, jak nahlédnout do práce současných špičkových filmařů a produkci, což jsem jako bývalý vášnivý amatérský filmař (Super 8) uvítal.

Natáčet se měly tři drobné scény z laboratorního prostředí. Dostal jsem část scénáře: epizodu 109 z devátého dílu seriálu – přes 60 stran! V této jedné epizodě vystupuje 30 historických osob a více než 10 bezejmenných (typu soudce, doktor, ...). Děj značně přeskakuje v čase i místech – 30 interiérových a 8 exteriérových lokací! Sled událostí je docela složitý a rychlý, takže nepoučený divák si sotva stačí udělat dojem, co se asi tak děje. I poučený divák, který má představu, o jaké události asi jde, potřebuje několik zhlédnutí k hlubšímu pochopení a uvědomění si různých detailů.

Natáčení se odehrávalo v areálu bývalé továrny PAL v Letňanech (obr. 1), kousek naproti od leteckého muzea. Byl chladný nevlídný den koncem února a vybydlené budovy továrny působily tísnivě. Tři laboratorní scénky byly inscenovány v jedné hale u stěny tvořené luxfery – prosklená stěna umožnila vytvořit „přirozené“ osvětlení rozsvícením několika velkých reflektorů venku za stěnou.



Obr. 1 Staré tovární haly – místo natáčení. Foto: J. Valenta

První scénka z roku 1933 byla s *Fritzem Haberem* (1868–1934, významný chemik židovského původu, ale protestantského vyznání, nositel Nobelovy ceny), kdy do jeho laboratoře v Ústavu císaře Viléma pro chemii v Dahlemu u Berlína (obr. 2) vtrhnou esesmani a odvláčou mu dva židovské asistenty. Velitel zásahu na Haberovy protesty odpovídá: „Víme, že nejste rozený luterán ... však vás vaši přátelé nedokážou ochránit navždy!“ To je celé. Po krátké přípravě režiséra s herci se tato scéna točila opakovaně snad dvanáctkrát, možná dvě hodiny (celé dopoledne)!



Obr. 2 Ústav císaře Wilhelma pro chemii v Berlíně-Dahlemu. Wikimedia Commons

Dvoumetrový teleskop „Perek“ v novém...

Jana Žďárská

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

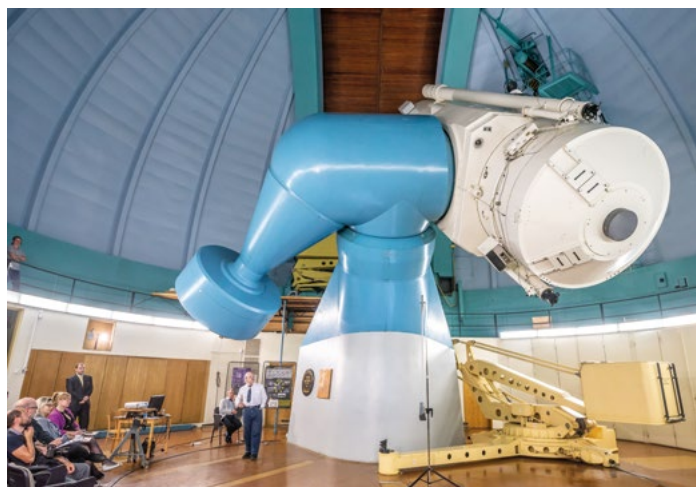
Perkův dalekohled je největší český přístroj používaný k astronomickému výzkumu od hvězdné fyziky po exoplanety. Během minulého roku proběhla díky dotaci na přístrojové vybavení od Kanceláře Akademie věd ČR jeho významná modernizace, během níž byla vyjmuta zrcadla z optické cesty ke spektrografům a nahrazena 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. Nyní je možné pozorování i málo jasných objektů. Navíc byla přidána zobrazovací kamera, díky níž lze pořizovat přímé snímky vesmírných objektů. Tato modernizace otevírá nové obzory a nabízí českým astronomům přístroj, který obstojí v mezinárodním měřítku.

Když byl v roce 1967 u příležitosti 13. valného shromáždění Mezinárodní astronomické unie v Praze zahájen provoz ondřejovského „dvoumetru“, docent Luboš Perek, jenž se o jeho výstavbu hlavní měrou zasloužil, tehdy pronesl: „Dvoumetr – to je jedenáct let mého života.“ A když byl před osmi lety ondřejovský „dvoumetr“ po docentu Luboši Perkovi pojmenován, stal se teleskop více než významnou legendou české astronomie.

Nyní se píše rok 2020 a Perkův dalekohled je po další modernizaci a stále skvěle funguje. A docent Luboš Perek, emeritní ředitel Astronomického ústavu AV ČR, je opět při tom. Ve svých úctyhodných téměř 101 letech si tuto událost rozhodně nenechal ujít a přišel svého jmenovce srdečně pozdravit. Celou tiskovou konferenci si skvěle užíval a ochotně se o své vzpomínky a zkušenosti podělil s přítomnými novináři.

Při této příležitosti pohovořila o astronomii i předsedkyně Akademie věd profesorka Eva Zažímalová, která vysoce ocenila důležitost astronomických pozorování i mezinárodní spolupráci Astronomického ústavu AV ČR, který má ve světě velký ohlas a v současné době v něm pracuje téměř polovina zahraničních zaměstnanců.

Modernizaci Perkova dalekohledu provedlo Centrum pro výzkum a vývoj speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC z Turnova, které je součástí Ústavu fyziky plazmatu AV ČR, v. v. i. Součástí modernizace byly i optické návrhy využití celého zorného pole primárního zrcadla. Vznikla tak koncepce dvou pracovních režimů dalekohledu: spektroskopického a fotometrického. Celé optické zařízení bylo proto nazváno *Hyperion*¹, což byl starořecký bůh



Perkův dalekohled je zrcadlový reflektor s průměrem hlavního zrcadla 2 m, jenž od roku 2012 nese jméno po českém astronomovi Luboši Perkovi.

Foto: J. Plavec, AV ČR

pozorování. Při spektroskopickém režimu je do optické osy primárního zrcadla vsunuto šikmé zrcátko, na které je zaměřena pointační kamera. V zrcátku jsou vstupy do optických vláken jdoucích do jednotlivých spektrografů a pointuje se tak, aby světlo zkoumané hvězdy dopadalo optimálně do zvoleného vlákna (tedy do zvoleného spektrografu). Přeje-li si astronom fotometrický režim, celý tento systém se mechanicky odsune stranou a do optické osy primárního zrcadla se nastaví objektiv a kamera s pěti fotometrickými filtry. Přechod od fotometrického ke spektroskopickému režimu nebo zpět trvá méně než jednu minutu. Oddělení Ústavu fyziky Plazmatu AV ČR, v. v. i.,

¹ „O Hyperionovi jsme řekli, že byl první, kdo díky pečlivému pozorování a sledování rozuměl pohybu Slunce a Měsíce a jiných hvězd a také ročním obdobím, jejich vzájemnému působení ve skupině a ozřejmoval tyto poznatky jiným.“

A z těchto důvodů že byl nazýván otcem těchto těles, od té doby, co je měl zplodit, tak říkajíc, přemýšleje o nich a jejich povaze.“ — Diodóros Sicilský (5.67.1) [viz cs.wikipedia.org/wiki/Hyperión]

František Závíška – moderní klasik české teoretické fyziky

Jan Valenta a Václav Křepelka

Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova, Praha

Byl-li Kolářek náš fysik-klasik, byl Závíška moderní klasik – tím slovem míním fysiku nekvantovou.
Viktor Trkal

Teoretický fyzik František Závíška (1879–1945) byl důležitou postavou československé teoretické fyziky v období první republiky, kdy vedl *Ústav a seminář pro teoretickou fysiku Karlovy university*. Sice po sobě nezanechal tak výraznou stopu ve světové vědě jako jeho starší kolega Čeněk Strouhal (Strouhalovo číslo), ale byl vynikajícím učitelem a vychoval celou generaci fyziků (Viktor Trkal, Zdeněk Horák, Miroslav Brdicka, Ladislav Zachoval aj.) Byl také důsledným zastáncem nových fyzikálních teorií (Einsteinova teorie relativity a gravitace) a bojovníkem proti chybným myšlenkám (polemika s Václavem Posejphem ohledně „světového éteru“ apod.). Tímto článkem chceme připomenout 140 let od Závíškovy narození a ukázat, že si jeho dílo a osud zaslouží pozornost nejen kvůli smutnému tragickému konci. Zároveň chceme při příležitosti sta let od vzniku Přírodovědecké fakulty Karlovy univerzity

(1920) vykreslit vývoj *Ústavu a semináře pro teoretickou fysiku* na této fakultě v období první republiky.

Životní dráha

František Závíška se narodil ve Velkém Meziříčí (obr. 1) 18. listopadu 1879. Jeho otec byl nebohatý pololáník, majitel usedlosti na Horním městě; matka, rozená Malcová, pocházela z Hrbova [1]. Roku 1890, v jedenácti letech, nastoupil Závíška do primy gymnázia v Třebíči (v té době, 1891, mu zemřel otec, matka pak zemřela o 20 let později roku 1911). Zde absolvoval pět ročníků. Jeho spolužákem byl mimo jiných *Jakub Deml* (1878–1961), pozdější významný katolický kněz, spisovatel a básník, se kterým udržoval Závíška styky po celý život a navštěvoval jej v Tasově (často chodil do Tasova z Velkého Meziříčí pěšky, což je asi 13 km).

Poněvadž vyšší gymnázium tehdy v Třebíči ještě nebylo, absolvoval Závíška sextu, septimu a oktávu na vyšším gymnáziu v Brně (mezi jeho spolužáky byl např. Bedřich Macků, později profesor fyziky na Masarykově univerzitě).¹ Jako oktáván vyřešil František Závíška všech 68 matematických úloh vypsanych v *Příloze Časopisu pro pěstování matematiky a fysiky*, za což získal jednu z pěti prvních cen (dvě jeho řešení byla otištěna jako vzorová). V červenci 1898 maturoval a tím „*předpisům zákonným s vyznamenáním dosti učil*“, aby mohl studovat na univerzitě.

Na podzim 1898 se Závíška zapisuje na studium matematiky a fyziky (obr. 2) na filozofické fakultě české univerzity v Praze (tehdy zvané Karlo-Ferdinandova universita). Zde navštěvoval přednášky Studničkovy a Weyrovy z matematiky, Strouhalovy a Kolářkovy z fyziky, ale v jeho studijním výkazu najdeme i jména Gruss (astronom), Augustin (meteorolog), Novák (praktická fyzika), či dokonce Masaryk (přednášky *Noetika a Praktická filosofie*) [2]. Hlavní zájem ovšem soustředil na teoretickou fyziku. Závíškovu talentu a nadšení, také díky seminární práci *O totální reflexi vůbec*



Obr. 1 Náměstí ve Velkém Meziříčí – říjen 2019.
Foto: J. Valenta

¹ Poznamenejme, že dnes se toto brněnské gymnázium, založené v roce 1867, jmenuje podle ulice, kde sídlí – „Gymnázium Brno, třída kpt. Jaroše“. Patří mezi nejprestižnější střední školy v republice, má třídy zaměřené na matematiku a její studenti vynikají (mimo jiné) v matematických a fyzikálních olympiádách.



Ke stoletému jubileu díla Faradayova

František Závíška

Ústav pro theoretickou fysiku, Universita Karlova, U Karlova 3, Praha II.

Článek připomíná dílo Michaela Faradaye, který navázal na dílo Oersteda, Ampèra a dalších průkopníků elektromagnetismu z 20. let 19. století. Faraday svým velkým experimentálním dílem umožnil J. C. Maxwellovi elektromagnetismus teoreticky zastřešit. Rukopis tohoto článku sepsal František Závíška zhruba před 90 lety, ale k jeho publikaci tehdy nedošlo. Sedmistránkový strojopis s vepsanými poznámkami se zachoval v archivu muzea ve Velkém Meziříčí a byl v původní podobě reprodukován ve sborníku ke stému narození Závíšky.¹ Jako plnohodnotný článek s ilustracemi vychází poprvé.

Je tomu letos právě sto let, co byla anglickým fysikem Michaelem Faradayem objevena elektromagnetická indukce. Byl tím nalezen nový zdroj elektrického proudu, který skoro docela zatlačil galvanické články a baterie, jichž se užívalo předtím, a který položil základ k mocnému rozvoji elektrotechniky v posledních letech. Jistě málo objevů fysikálních zasáhlo tak hluboko do našeho života jako tento; proudy, kterými svítíme a topíme, kterými ženeme motory a tramvaje, kterých užívá průmysl i radiotelegrafie a radiofonie, jsou vyráběny indukcí. Objevem Faradayovým byla elektrině otevřena cesta z laboratoří do praktického života; dnešní technika silných proudů nebyla by bez něho možná.

Faraday neučinil jej náhodou, třeba očekával něco jiného, než skutečně našel. Bylo již dávno známo, že elektricky nabitá tělesa budí elektrinu i v tělesech okolních; dáme-li např. elektricky nabitou mosaznou kouli



Mladý Michael Faraday

1 Fyzik František Závíška – jeho život, dílo a význam 1879–1945. Ed. L. Zachoval, JČMF, Praha 1981, str. 55–61.

Je tomu letos právě sto let, co byla anglickým fysikem Michaelem Faradayem objevena elektromagnetická indukce. Byl tím nalezen nový zdroj elektrického proudu, který skoro docela zatlačil galvanické články a baterie, jichž se užívalo předtím, a který položil základ k mocnému rozvoji elektrotechniky v posledních letech. Jistě málo objevů fysikálních zasáhlo tak hluboko do našeho života jako tento; proudy, kterými svítíme a topíme, kterými ženeme motory a tramvaje, kterých užívá průmysl i radiotelegrafie a radiofonie, jsou vyráběny indukcí. Objevem Faradayovým byla elektrině otevřena cesta z laboratoří do praktického života; dnešní technika silných proudů nebyla by bez něho možná.

Faraday neučinil jej náhodou, třeba očekával něco jiného, než skutečně našel. Bylo již dávno známo, že elektricky nabitá tělesa budí elektrinu i v tělesech okolních; dáme-li např. elektricky nabitou mosaznou kouli do blízkosti jiné koule mosazné nebo kovové, původně neelektrické, objeví se elektrický náboj i na této kouli. Pravíme, že se tento náboj indukoval a úkaz sám se nazývá elektrostatická indukce. Poněvadž elektrický proud není v podstatě nic jiného než pohyb elektriny, připadl Faraday na myšlenku, nebylo-li by možno vzbuditi i proud takovou indukcí. Postavil blízko k sobě dva dráty – na podrobnostech tu nezá-

do blízkosti jiné koule mosazné nebo kovové, původně neelektrické, objeví se náboj i na této kouli. Pravíme, že se tento náboj indukoval a úkaz sám se nazývá elektrostatická indukce. Poněvadž elektrický proud není v podstatě nic jiného než pohyb elektriny, připadl Faraday na myšlenku, nebylo-li by možno vzbuditi i proud takovou indukcí. Dal blízko sobě dva dráty – na podrobnostech pokusu tu nezáleží – a očekával, že bude-li proud procházeti jedním drátem, ukáže se v druhém drátu proud indukovaný. V tom se zklamal, ale brzy pozoroval, že přece jen v druhém drátu vzniká slabý, krátko trvající proud, jakýsi proudový náraz, a to tehdy, kdykoli proud v prvním drátu přerušil nebo spojil. Nový způsob vzniku elektrického proudu byl objeven. To bylo v posledních dnech měsíce srpna r. 1831; v ná-

Začátek tohoto článku se Závíškovými rukopisnými opravami, jak byl uveřejněn ve sborníku ke 100 letům od jeho narození.

Seismická stanice Kašperské Hory – místo zrození širokopásmové seismometrie

Petr Kolář

Geofyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Boční II/1401, Praha 4-Spořilov

Text pojednává o téměř půlstoletí staré historii – realizaci ve světě prvního širokopásmového seismometru. Systém navrhl a na stanici Kašperské Hory uvedl v r. 1972 do provozu Ing. A. Plešinger. Jde volně převyprávění článku na stejné téma vyšedšího v [1]. Je vynechán popis některých historicko-politických reálií, se kterými je český čtenář nepochybně dostatečně obeznámen, rovněž byl umenšen popis některých technických detailů. Naopak je rozšířeno vysvětlení těch principů seismometrie, které nelze počítat k obecnému fyzikálnímu vzdělání.

Preamble:

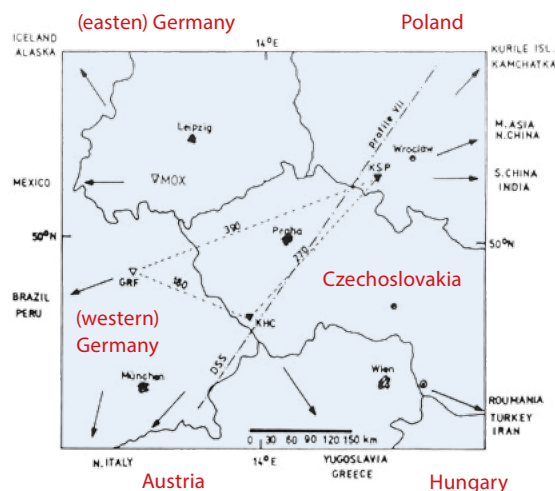
Za autora návrhu principu širokopásmového seismometru (VBB) je obecně považován A. Plešinger [2], který v roce 1972 uvedl do provozu takovýto systém na stanici Kašperské Hory [3].

Úvod

Existence šumavského městečka Kašperské Hory byla ve středověku spojena s těžbou zlata a obchodem se solí. Později je spojena s místním dřevařským a sklářským průmyslem; nyní jde o významné regionální turistické centrum. V 70. letech minulého století byl na nedaleké seismické stanici uveden do provozu ve světě první širokopásmový seismometr. Tato obecně málo známá událost zásadním způsobem ovlivnila vývoj světové observatorní seismologie.

Historie seismické stanice Kašperské Hory se však začala psát asi o 15 let dříve. V té době, tedy koncem 50. let, existoval projekt na vybudování nové seismické stanice. Byla předběžně vytipována vhodná místa, provedena testovací měření a na jejich základě padla volba na opuštěnou štolu nedaleko městečka Kašperské Hory (obr. 1).

K nízké úrovni seismického neklidu na této lokalitě přispívala nepochybně i relativní opuštěnost a odlehlost tohoto regionu. Šumava byla osídlena a využívána po staletí, byť s proměnnou intenzitou. Dějiny 20. století se pochopitelně nevyhnuly ani tomuto regionu: předválečný zábor Sudet, poválečný odsun německého obyvatelstva, příchod nových osadníků a vzápětí jejich další odchod v důsledku vzniku nepřístupného pohraničního pásma jakožto přímého důsledku studené války jsou všeobecně známé události, z nichž některé dodnes budí emoce. Kašperské Hory ležely v blízkosti



Obr. 1 Poloha stanic Kašperské Hory (KHC), Książ (KSP) a Grafenberg (GRF) na dobové mapě, nově doplněné o tehdejší názvy států (červeně). Převzato z [4]

pohraničního pásma a rozvoj regionu byl v té době spíše tlumen než podporován.

Takové místo se proto jevílo neobyčejně vhodné pro stavbu nové seismické stanice. Nemalou roli sehrála i skutečnost, že seismické metody byly a jsou jediným prostředkem pro monitorování podzemních jaderných explozí, což ve své době byla extrémně citlivá záležitost nejvyššího vojensko-politického zájmu. Pro co nejpřesnější lokaci jevů bylo výhodné mít pozorování z co nejzápadnějšího místa tehdy téměř hermeticky rozdělené Evropy. I toto kritérium splňovala lokalita Kašperské Hory dokonale. Získat prostředky na stavbu stanice tedy bylo mnohem snazší, než kdyby ve hře byly jen zájmy čistě vědecké.



Otevřel lidem okna vesmíru dokořán...

Jiří Grygar, Jana Žďárská

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

Významný astronom, špičkový popularizátor vědy a sportovec duší i tělem – to vše je doktor Jiří Grygar. Vědec, jenž vydal nespočet knih, získal mnoho prestižních ocenění, byl předsedou České astronomické společnosti a za astronomii by doslova dýchal. Pro nás všechny ale především ten, který otevřel nám všem okna vesmíru dokořán – to když se v roce 1981 v pořadu „Okna vesmíru dokořán“ objevil na televizní obrazovce a stal se tak astronomickým „učitelem“ českého a slovenského národa. Podrobnosti o tom, co pro něj znamená astronomie, jak posuzuje její dosavadní pokrok, i o jeho lásce k pravdě a ke sportu se dočtete v následujícím rozhovoru.

■ *Jana Žďárská: Vážený pane doktore, vaše rané dětství provázely pozoruhodné historické události. Mohl byste našim čtenářům přiblížit, jak se to vlastně stalo, že jste se už v nejútlejším dětství stal doslova dvojnásobným uprchlíkem?*

Jiří Grygar: Narodil jsem se v tehdejší Velkoněmecké říši asi 150 m od hranice s Československem. Můj otec byl od roku 1932 přednostou zahraničního celního úřadu ČSR, což byl pozůstatek stavu za monarchie, kdy se podél společné hranice mezi Německem a monarchií zřizovaly společné celnice pro zboží, které putovalo mezi oběma zeměmi. Německý a rakouský celník odbavovali vagony společně, což urychlovalo přeshraniční dopravu. Podél hranice byla řada těchto celnic střídavě na německé a rakouské straně. Po vzniku ČSR připadly ty rakouské půlky celnic nám, a jinak to pokračovalo stejně. Táta uměl dobře německy, takže ho jeho šéfové pověřili vést československou celnici, což zpočátku hladce fungovalo. Jenže o čtyři roky později už v Německu řádl Hitler, a tak se místní Němci začali chovat k tátovi agresivně (byli jsme jediná česká rodina v té vsi ve služebním bytě na celnici), takže táta musel v květnu 1937 naši celnici zapečetit a my jsme odstěhovali zpět do republiky, konkrétně do Opavy, kde táta opět nastoupil do celního úřadu. Sám si tedy pochopitelně na své rodiště pamatovat nemohu; nepamatuji si ani na pobyt v Opavě, protože v září 1938 přišel Mnichov, Opava spadla do Německa a stěhovali jsme se nuceně podruhé – do Ostravy. Být ve dvou a půl letech dvojnásobným uprchlíkem se asi málokomu tehdy přihodilo. V Ostravě



Jiří Grygar na tiskové konferenci věnované Johanesu Keplerovi. Foto: S. Kyselová, AV ČR

jsme se ale moc neohřáli, protože po vypuknutí války byl táta přeložen na celní úřad do Brna.

■ *JŽ: Slyšela jsem vás kdysi vyprávět o tom, jak jste v předválečném období sledoval rodiče, kteří se dívali na obsazování své vlasti*

z okna a jak to na vás tehdy působilo. Podělil byste se s našimi čtenáři o tento zážitek?

JG: Je to drsný příběh, který se odehrál 14. března 1939; tři dny před mými třetími narozeninami. Ráno jsem se probudil a hledal rodiče. Našel jsem je v obývací, jak se



Trojí vzpomínání na Jiřího Langerera

Jiří Bičák, Oldřich Semerák, David Kofroň

Ústav teoretické fyziky, MFF UK, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8; jiri.bicak@mff.cuni.cz

Bylo to před 60 lety, když jsem poprvé potkal Jiřího Langerera, už tehdy – a pro mne od tohoto okamžiku i do všech dalších mých okamžiků – prostě Jirku. Byl ve 3. ročníku na teoretické fyzice, já v prvním ročníku fyziky. Jako jeden z prvních obrazů Jirky si ho vybavuji na meliorační brigádě, kde byl jedním z vedoucích, spal s námi asi 20 prváky ve velké místnosti, a když se večer dlouho povídalo a nezhasínalo, vůbec nenařikal, ale sám někdy uléhal dříve a tvář si zakrýval rozevřenou knihou – Kursem diferenciálních rovnic od Stěpanova.

Než nastoupil na Matfyz, studoval geologickou průmyslovku. Už na ní ho však lákala matematika a fyzika a tak, jako v posledních letech na průmyslovce, si i v prvních letech na Matfyzu usilovně rozšiřoval znalosti z matematiky. Byl to myslím kontakt s geologickou realitou, který byl i jeho výhodou – přispěl věřím k jeho mimořádné fyzikální intuici, zvláště při řešení problémů newtonovské mechaniky nebo paradoxů speciální teorie relativity. Je otázka, zda i jeho zájem o hory a skály vznikl vlivem studia geologie, nebo zda ho zaujaly už jako mladého skauta. Množství generací studentů prošlo jeho přednáškami z teoretické mechaniky. Vkládal do nich svůj mimořádný fyzikální um, obohacoval je dlouhými pasážemi z historie, z literatury, zvláště ze Shakespeara nebo Cervantese, ale také třeba z humoristických próz Ignáta Hermanna. Jirka měl znamenitou paměť, kterou rád používal při citování z nejrůznějších žánrů. Také rád vyprávěl různé příběhy, například o svém cikánském kamarádovi na vojně, které ožily v tolik populárních detektivkách přítele Honzy Klímy. Jirka měl obdiv k umění a rád o něm



J. Langer spolu s J. Klímou v prvomájovém průvodu.

Foto: R. Kužel

mluvil na přednáškách anebo při procházkách Prahou. Vzpomínám, jak jsem ho potěšil, když jsem mu dal reprodukci pastelu od Maurice Quentina de La Tour s názvem „Slečna Ferrandová medituje nad Newtonem“.

V původní vědecké práci se Jirka věnoval obecné teorii relativity. Stal se prvním studentem výjimečné osobnosti Karla Kuchaře, který od podzimu roku 1968 působil na univerzitě v Princetonu a později se stal profesorem na univerzitě v Salt Lake City. První práci, a to o energii gravitačního pole v gravitačních vlnách, napsal Jirka s ním. S Karlem a Jirkou jsme obývali dvě místnosti na Karlově – s nádherným výhledem na Vyšehrad, Strahovský klášter, Malou Stranu i část Hradčan. Později se Jirka věnoval slupkovým zdrojům v obecné relativitě, během jednoročního pobytu na Institutu Henri Poincaré v Paříži v roce 1969 u známého relativisty Achilese Papapetroua napsal práci „Couches simples à symétrie cylindrique en relativité générale“. Je to velmi pravděpodobně jediná práce českého relativisty sepsaná ve francouzštině. K cylindrickým slupkám se Jirka vrátil ještě v roce 2005 v práci s Martinem Žofkou.

Jirka se v posledních desetiletích začal věnovat především filosofii, zvláště filosofii fyziky a jejím kulturním aspektům. K filosofii dospěl zráním, vycházel však vždy z pevných základů přírodovědce fyzika.

V těch posledních desetiletích jsem se s Jirkou vídával nejčastěji na teoretické fyzice v Troji, ale i na „machovských“ sympoziích organizovaných v Brně nebo na vědeckých radách Slezské univerzity v Opavě, kde vždy výrazně přispíval k programu. Nejhezčí vzpomínky ale mám na čtyřdenní konferenci „Od Galilea k sou-



První máj na Letné roku 1980. Foto: J. Dolejší

Vzpomínka na RNDr. Miroslava Jireše, CSc.

Jan Hladký

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

Nedávno jsem zjistil, že je tomu letos již dvacet let, kdy můj dlouhodobý spolupracovník a přítel Mirek Jireš skonal. Narodil se 7. 7. 1933 v Žamberku v rodině zubaře a rovněž tam zemřel – 7. 7. 2000. Studium na Reálném gymnasiu v Kostelci nad Orlicí zakončil maturitou 30. 5. 1951 a poté byl přijat na Matematicko-fyzikální fakultu Univerzity Karlovy v Praze (MFF UK)¹, obor atomová a jaderná fyzika, kde studoval v období 1. 10. 1951 – 13. 2. 1956 a získal titul *promovaný fyzik*. Diplomovou práci s tématem o výzkumu s jiskrovým počítačem obhájil pod vedením profesora RNDr. Václava Petržílky, DrSc., v roce 1956.

Po ukončení studia na MFF UK byl přijat jako odborný asistent na Fakultu technické a jaderné fyziky (FTJF) Českého vysokého učení technického v Praze (ČVUT). Zde pracoval od 1. 2. 1956 do 30. 9. 1958 na experimentech věnovaných kosmickému záření, zejména tématům, která byla registrována v nukleárních emulzích. Prof. Petržílka byl koncem padesátých let minulého století rovněž externím vedoucím Oddělení kosmického záření (později vysokých energií) ve Fyzikálním ústavu Československé akademie věd v Praze (FÚ ČSAV), založeném v roce 1954. Oddělení sestávalo ze dvou skupin, které se věnovaly studiu kosmického záření různými metodami. Skupina, kterou

řídil RNDr. Jaroslav Pernegr, CSc., [1] využívala metodu jaderných emulzí i ve spolupráci se zahraničními vědeckými ústavy a univerzitami. Druhá skupina vedená RNDr. Pavlem Chaloupkou, CSc., [2] pracovala v experimentech, kde se kosmické záření registrovalo elektronickou metodou ve dvou laboratořích – na Karlově v Praze a na Lomnickém štítě ve Vysokých Tatrách na Slovensku. Kosmické záření se studovalo také v rámci Mezinárodního geofyzikálního roku a také Mezinárodní geofyzikální spolupráce.

Miroslav Jireš se spolu se svými kolegy z MFF UK a FTJF ČVUT zúčastnil i studia kosmického záření ve FÚ ČSAV ve spolupráci se skupinou vedenou J. Pernegrem, který byl rovněž expertem na studium interakcí vysokoenergetických protonů s protony. V jeho skupině pracoval i Jirešův studijní kolega na gymnáziu i MFF UK Jiří Vrána a další. V jaderných emulzích ozářených kosmickým zářením se v rámci mezinárodní spolupráce studovaly jaderné interakce a elektromagnetické rozpady elementárních částic, zejména v rámci tzv. Pádkého experimentu². Měření emulzí na mikroskopu se zvlášť přesně provádělo na speciálním poloautomatickém mikroskopu italské značky Koristka v laboratoři Oddělení kosmického záření Fyzikálního ústavu v Křemencově ulici. Tam proto také často působil i Miroslav Jireš se svými kolegy Michalem Sukem a Ladislavem Robem z MFF UK [3].

Po založení Spojeného ústavu jaderných výzkumů (SÚJV) v Dubně u Moskvy v roce 1956 (kde se stal zástupcem ředitele ústavu profesor RNDr. Václav Vostruba, DrSc.) se celá řada československých fyziků – zejména mladých – zúčastňovala experimentů, které používaly ke studiu zviditelnění interakcí z urychlovačů částic metodu bublinových komor. V Laboratoři vysokých energií (LVE) SÚJV u synchrotrónu byla zpočátku propanová bublinová komora o objemu 24 litrů, se kterou pracoval i J. Vrána z Oddělení kosmického záření FÚ ČSAV, který byl nejúspěšnějším fyzikem z nich. V roce 1960 za objev nové elementární částice – *antisigma hyperonu* – získal Státní cenu SSSR spolu s dalšími členy experimentu na svazku π^- mezonů 8,3 GeV/c. Později přichází na studium interakcí v propanové komoře v LVE SÚJV i Miroslav Jireš a řada dalších československých fyziků.

2 Pádká balonová expedice (1954) byl jeden z letů stratosférických balonů s nukleárními emulzemi pro studium interakcí s kosmickým zářením, které organizoval nositel Nobelovy ceny C. F. Powell v mezinárodní spolupráci.



Miroslav Jireš
v Oddělení vysokých energií FÚ ČSAV v Praze
v roce 1971 ve funkci
zástupce vedoucího.



Miroslav Jireš v Praze při společenské akci. Foto: J. Dolejší

Recenze knih

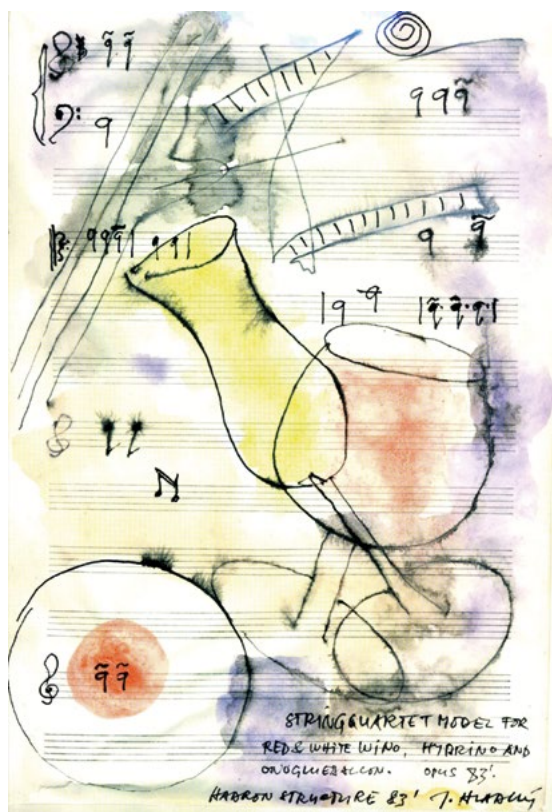
JAN HLADKÝ

Paměti kosmika Fyzikálního ústavu ČSAV

Academia, Praha 2018.

ISBN 978-80-200-2735-1, 466 stran

Knižně vydaných pamětí českých fyziků najdeme v knihovnách relativně velmi málo (natož na pultech knihkupectví). Jde přitom o velmi cenný zdroj informací o vývoji příslušného oboru, o vztazích ve vědecké komunitě i o prostředí, ve kterém se vyvíjí. Samozřejmě, z hlediska seriózní historické vědy mají subjektivní paměti mnohé nedostatky – osobní zaujatosti, možné přikrášlování, zatajování či prosté chyby v důsledku nedokonalé lidské paměti. Na druhé straně, z hlediska nás, zájemců o historii vědy, jde o jedinečný zdroj vykreslující mnohé detaily, atmosféru, radosti a těžkosti vědeckého a soukromého života badatelů v té



Suerysymetrická částice Wino

kteří době. To v archivech a odborných publikacích nenajdeme.

Před nedávnem se objevily paměti doc. RNDr. Ing. Jana Hladkého, DrSc., (1934), jehož jistě nemusíme čtenářům žlutého časopisu dlouze představovat. Jan Hladký, který nastoupil do Fyzikálního ústavu ČSAV roku 1957 a působí zde dodnes, už v Čs. čas. fyz. publikoval mnoho vzpomínek na své kolegy z *Oddělení kosmického záření, vysokých energií a elementárních částic* (nebo jak se postupně jmenovalo příslušné oddělení) FZU AV ČR (jimž se přezdívá „kosmici“), viz vzpomínku na M. Jireše v tomto čísle. Kniha byla vydána nakladatelstvím Academia v roce 2018. Je velmi hezky graficky vypravená a čítá 466 stran, z nichž velkou plochu zabírají autorovy obrázky a artefakty, fotografie, schémata i titulní listy publikací a zpráv. Nechybí důležitý jmenný rejstřík zahrnující stovky jmen.

Vzpomínky pokrývají období zhruba 40 let – od poloviny padesátých let do rozdělení Československa na konci roku 1992 a vstupu ČSFR a poté ČR do CERN. Kniha začíná popisem studia kosmického záření ve stanici Praha-Karlov (tzv. boudička v zahradě nad Albertovem) a na Lomnickém štítě, i vyhodnocování jaderných emulzí ozářených při tzv. Páské expedici (let stratosférického balonu). Oddělení tehdy tvořily dvě skupiny vedené J. Pernegrem a P. Chaloupkou, které zastřešoval V. Petržílka. Při popisu dění v těžkých 50. letech si uvědomíme, jak významnou

Abstracts of review articles

Jan Pilař:

The story of adaptive optics

In the last thirty years adaptive optics has transformed from a highly sophisticated, expensive and obscure technology into common components for earth-bound telescopes, microscopes, laser systems or in emerging systems for satellite communication. Let's take a closer look at the basic principles of this revolutionary method and its historical development.



Vladimír Vochozka, Pavla Wegenkittlová:

Evidence of convection as the dominant phenomenon for melting ice cubes

A school experiment proving the flow of liquids, with the help of ice cubes, can be found in many textbooks. The tools and course of the experiment differ in different ways. The aim is to prove that the flow in a liquid depends on its variable density caused by different temperatures. Using a thermal imaging camera, it is possible to observe the temperature distribution of a vessel's surface before inserting ice cubes, during melting and at the end of melting. In this article we suggest a possible solution and give an analysis of the results.

Matěj Ryston:

General Theory of Relativity in Secondary School 3: Time Dilation and GPS

In this part we will focus on the difficult to imagine, but essential part of relativity, i.e. time, and especially how gravity affects its flow and possible approaches for explaining these phenomena to students. In order to avoid complicated theory, the core of our explanation will be a description of real experiments. Finally, we must not forget to mention satellite systems for global navigation, which are an "ace up one's sleeve" when facing questions like "What is relativity really good for?".

Roman Chvátal:

Preparation of gelatine optical elements as a tool for inquiry-based science education

Gelatine optical elements made by pupils, can be used to achieve targets for inquiry-based science education in the field of ray optics. This article gives detailed instructions for the preparation of gelatine optical elements and provides a topic for experiments in which pupils describe the basic physical laws of ray optics. Additionally, we describe results from preliminary research dealing with the impact of extra-curricular education on pupils.

Jana Česáková:

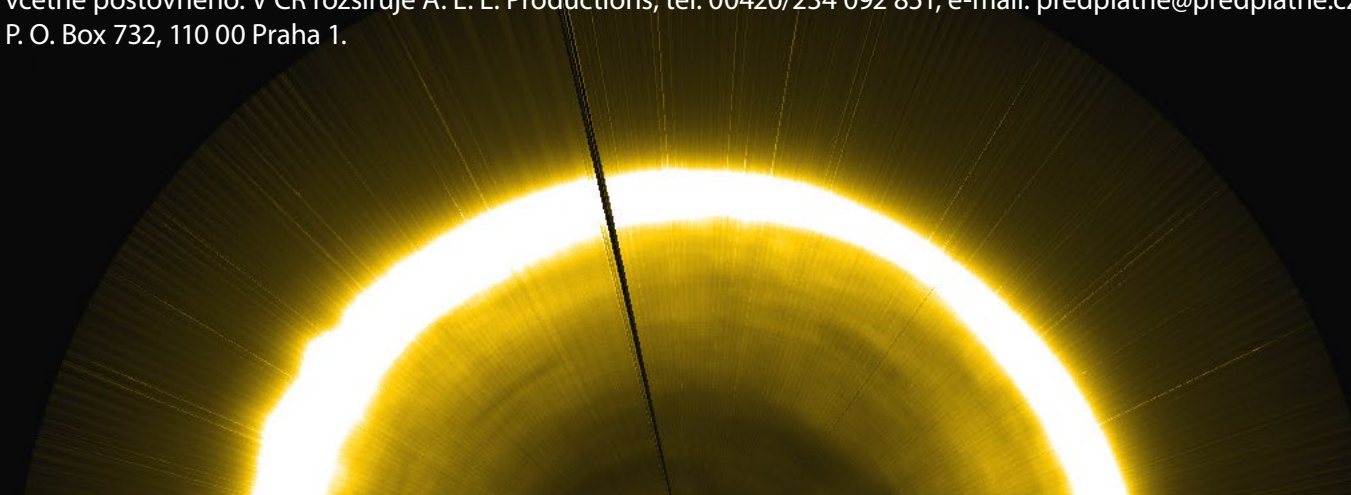
Physics in detective stories and detective stories in physics

Science disciplines are not among the most popular subjects in schools. This is actually a paradox, as science is very appealing, as shown in detective stories. Detectives with sophisticated methods and interesting experiments are enjoying popularity at the moment. So, let's try to make physics special with a detective story or maybe a detective story with physics...



Slovenský a český vědecko-populární dvouměsíčník vás zve na cestu do hlubin vesmíru a poznání

Šestkrát do roka přinášíme články z astronomie, kosmologie, astrofyziky, kosmonautiky, vývoje a hledání života, historie a současnosti Země, reportáže a rozhovory z astronomických pracovišť u nás i ve světě a také podrobný souhrn nejdůležitějších vědeckých prací z uvedených i dalších vědeckých oblastí z pera J. Grygara a D. Ondřicha. KOZMOS vydává Slovenská ústředná hvězdárň Hurbanovo. Cena jednoho čísla je 80 Kč, roční předplatné 440 Kč včetně poštovného. V ČR rozšiřuje A. L. L. Productions, tel. 00420/234 092 851, e-mail: predplatne@predplatne.cz. P. O. Box 732, 110 00 Praha 1.



2020

1-15/10

Academia Film Olomouc
55. mezinárodní festival
populárně-vědeckých filmů



#COMINGSOON

www.afo.cz



PRO DĚTI I DOSPĚLÉ / VSTUP ZDARMA / WWW.NOCVEDCU.CZ



NOC V VĚD CŮ



ČLOVĚK A ROBOT / 27. 11. 2020

Tajemná, nedostižná a komplikovaná.
I tak na vás může věda působit, ale ne, když je Noc vědců.
Noc, kdy vám věda a vědci ukáží svou pravou tvář.