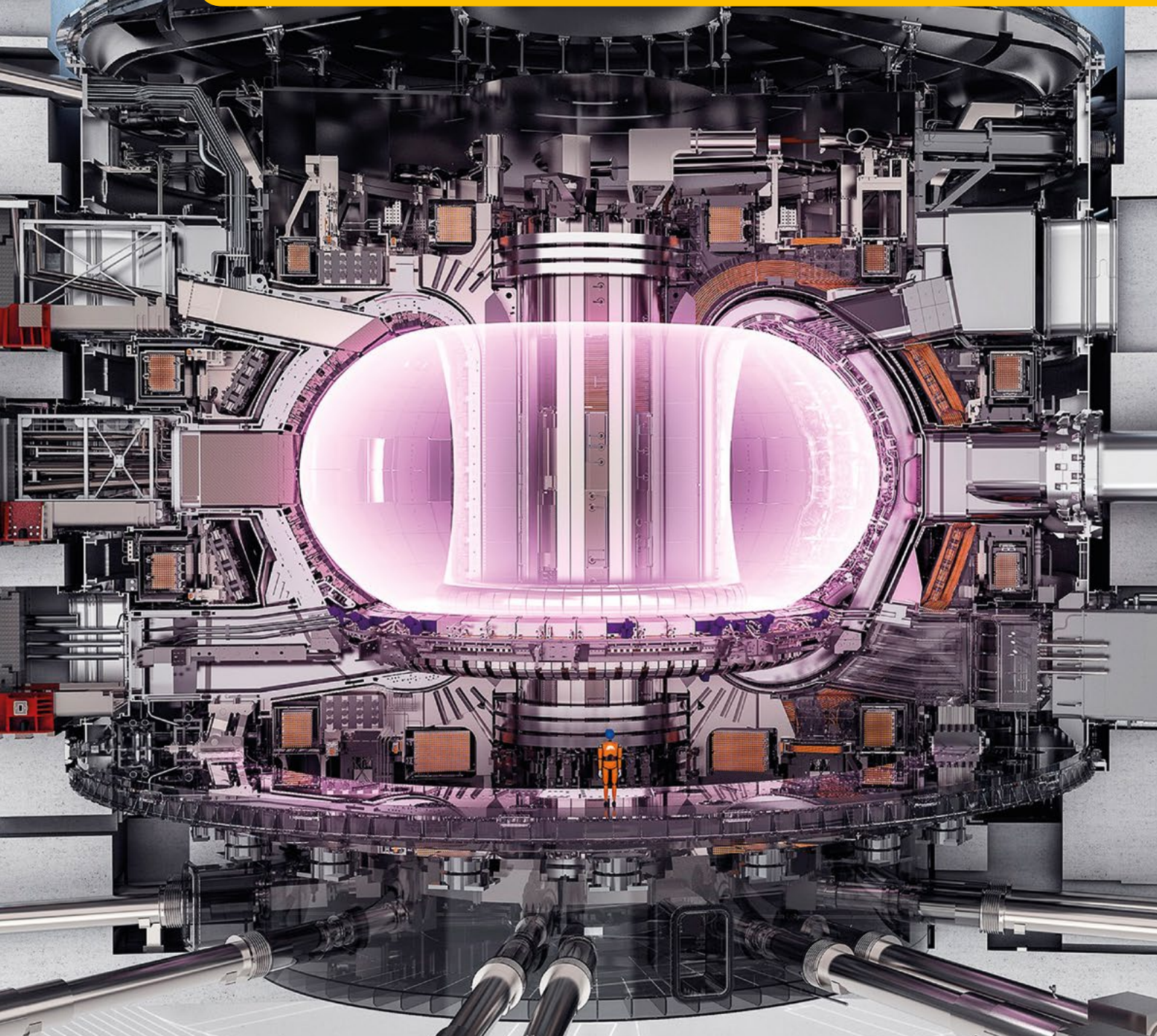


6/2020
SVAZEK 70

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS **PRO FYZIKU**



- ČERNÁ DÍRA VE STŘEDU MLÉČNÉ DRÁHY • LINEARITA A RELATIVITA •
- UBÍHAJÍCÍ ELEKTRONY V TOKAMACÍCH • GRAVITAČNÍ DATA PRO GEOAPLIKACE •
- PRAVČICKÁ BRÁNA V OBLEŽENÍ VÝZKUMNÍKŮ • FYZIK HELMAR FRANK – DIELO

Čs. čas. fyz.
ccf.fzu.cz

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU 6/2020

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: prosinec 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 redaktori – 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 matematiků 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

Jak šel čas se žlutým časopisem...



Milí čtenáři, právě držíte v rukou poslední číslo Československého časopisu pro fyziku roku 2020. Stačí jen otočit pár úvodních listů a hned se můžete blaženě ponořit do fyzikálních aktualit, referátů, začíst se do historie fyziky, prohlédnout si, co nového nabízí fyzikální vzdělávání a při procítání rozhovoru s některým z vědců pravděpodobně získat i odpovědi na některé své otázky.

Československý časopis pro fyziku má svoji současnou podobu již od roku 1993, respektive 2008, kdy došlo i ke změně grafické úpravy (do té doby vycházel ve formátu B5 se svou, už tehdy tak typickou žlutou obálkou). V roce 2008 se rozšířil také do virtuálního prostředí všeprospustujícího internetu. Nyní časopis oslavil své 70. narozeniny a svým čtenářům nabízí další bonus, jímž je otevřený přístup k jeho elektronické verzi. Stačí se tedy pouze zaregistrovat a informace jsou vaše. I když – ruku na srdce – držet v ruce papírovou verzi časopisu má také svoje výhody.

A jak to bylo dříve? Československý časopis pro fyziku v roce 1951 odhodlaně vystoupil z ulity Časopisu pro pěstování matematiky a fyziky (vycházel od roku 1872 péčí Jednoty českých matematiků a fyziků) a osamostatnil se. To byl poměrně zásadní a důležitý krok. Do jeho podoby a zaměření se nepochybně a velkými písmeny zapsal roku 1968 šéfredaktor docent Zdeněk Málek, srdač a velký nadšenec. Už historicky se traduje jeho heslo, jež hlásá: „Fysikové nejen pro sebe, ale snad i k užitku pracovníků příbuzných oborů učinili během roku 1968 pokus přetvořit si tento časopis po obsahové i formální stránce v živé a potřebné periodikum, které by plnilo nejméně dvě úlohy najednou, a to úlohu informátora dobré odborné úrovně, jenž si přitom zakládá na tom, že se vyjadřuje srozumitelně, a úlohu prostředníka a mluvčího, který se uchází o důvěru pracovníků, jimž není lhostejná ani fyzika, ani budoucnost této země.“

Osud a další směřování časopisu mu ležely na srdci a bylo to znát. Časopis doslova kvetl a podařilo se mu nadchnout nejen fyziky, ale násilně zaujmout i širší okruh čtenářů. Způsob, jakým Zdeněk Málek časopisu vtiskl jeho novou tvář a další atraktivní příspěvky, poměrně jasně nastolil i jeho další orientaci.

Časopis byl tehdy „československý“ a československým zůstal i po rozdělení naší vlasti.

Zachování stávající spolupráce se slovenskými autory bylo pro redakci časopisu velmi důležité, a tak i nadále můžete v každém jeho čísle nalézt články ze „slovenské strany“. Československý časopis pro fyziku je na Slovensku pravidelně distribuován a neutuchá ani snaha o spolupráci například se slovenskými univerzitami.

A jaké to je – pracovat pro časopis? Za mě je to jednoznačně především poslání. Je to práce, která s koncem pracovní doby nekončí. To proto, že konec pracovní doby nezná. Redaktor nad „svým“ časopisem rozjímá neustále. Nad příspěvky, které navrhl a zpracoval, i nad těmi budoucími. I já nad tím často přemýšlím – to když komunikuji s autory, připravuji grafické podklady nebo mnohdy již v časové tísní pracuji na závěrečných korekturách. A také když zpracovávám své rozhovory. „Vybrala jsem zajímavého vědce, zeptala jsem se na to podstatné a důležité a neuniklo mi snad něco?“ běží mi hlavou, když dávám rozhovoru jeho výslednou tvář. A pokaždé mě tak trochu překvapí – a musím přiznat, že mile, jak se ze stránek plných písmen pomalu rodí přitažlivý text. A když mi občas při autorské korektuře oslovený vědec prozradí, že si až při čtení „vlastního“ rozhovoru znovu uvědomil, proč tu vědu vlastně dělá... tak to pohladí. A pak když vy, čtenáři, chválíte.

Když jsem poprvé posílala svůj rozhovor do Československého časopisu pro fyziku (2016), byl to pro mě významný krok. A pak znovu – to když jsem v srdci vědy na Fyzikálním ústavu AV začala pracovat. Možnost přiblížit práci vědců a jejich výsledky nám všem považuji za velmi důležité. Možná si řeknete – proč? Vždyť oni své výsledky v médiích publikují sami. To určitě ano, ale já bych moc ráda srozumitelně přiblížila jejich práci a výsledky širší veřejnosti, protože považuji za důležité, aby se každý člověk mohl dozvědět, jakými úkoly se vědci zabývají a jaký prospěch z jejich objevů máme my všichni.

Dovolím si toto zamyšlení zakončit větou svého kolegy z úpické hvězdárny, který mi nedávno psal: „Á, byl tu listonoš, běžím do schránky, neb právě dorazila moje duševní potrava.“ A to je pro nás v redakci to nejvíc... když se nám toto podaří a vy náš časopis čtete. A když nám to dáte vědět.

Jana Žďárská

Obsah

AKTUALITY – NOBELOVY CENY 2020

Nobelova cena za objev supermasivní černé díry ve středu Mléčné dráhy 388

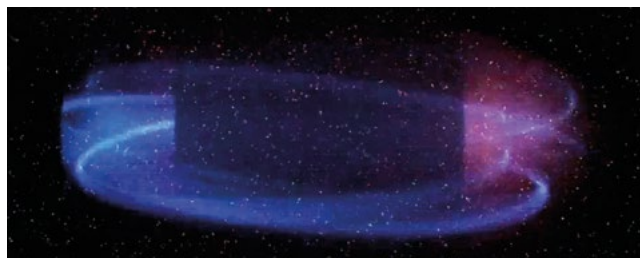
Michal Bursa



REFERÁTY

Ubíhající elektrony v tokamacích – otevřené otázky a český příspěvek k jejich řešení 392

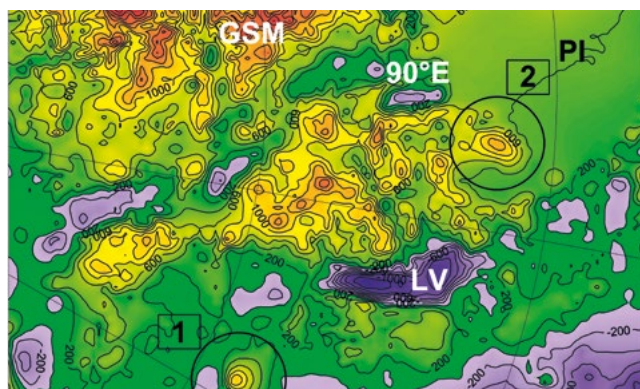
Jan Mlynář, Jakub Čaloud, Ondřej Ficker, Eva Macušová, Jaroslav Čerovský



REFERÁTY

Gravitační data pro geoaplikace 401

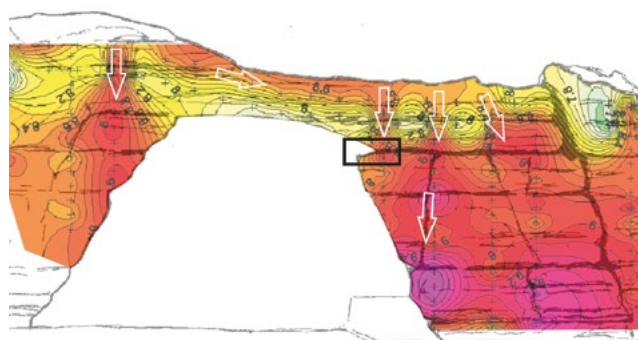
Jaroslav Klokočník



REFERÁTY

Pravčická brána v obležení výzkumníků 408

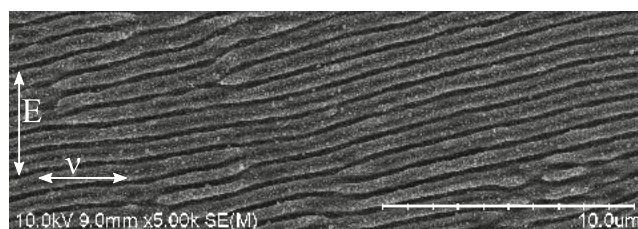
Zuzana Vařilová



METODY A PŘÍSTROJE

Laserová laboratoř zabývající se studiem nových režimů ozařování materiálů v rámci centra HiLASE 417

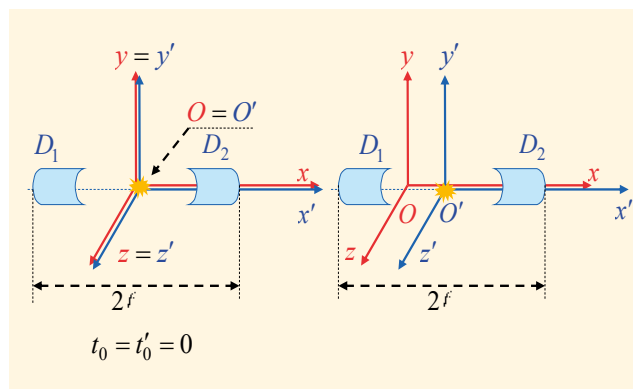
Nathan Goodfriend, Juraj Sládek, Miroslava Flimelová, Wladimir Marine, Inam Mirza, Nadezhda M. Bulgakova



FYZIKÁLNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

Linearita a relativita 426

Jana Musilová, Tomáš Tyc



Obrázek na obálce:
Tokamak ITER a okolní systémy vestavěné v betonové budově.
Kredit © ITER Organization, <https://www.iter.org/>

HISTORIE FYZIKY

O čem psal Čs. čas. fyz.
před 50 lety v roce 1970 432
vybral Jan Valenta



ZPRÁVY

Zpráva o 20. konferenci českých
a slovenských fyziků, konané roku
2020 v Praze za časů covidu 443
Jan Valenta



ZPRÁVY

Poselství příštím generacím 446
Jana Žďárská



Týden vědy na Jaderce 448
Jana Žďárská

ROZHOVOR

Hodnocení životnosti materiálů
pro jaderné reaktory 450
Rozhovor Radima Kopřivy s Milanem
Brumovským u příležitosti jeho 85. narozenin
Radim Kopřiva, Milan Brumovský



ROZHOVOR

JE Temelín pod drobnohledem 455
Václav Havlíček, Jana Žďárská



LIDÉ A FYZIKA

Fyzik Helmar Frank – dílo nestora
a priekopníka fyziky, techniky
a technológie polovodičov 463
Rudolf Kinder



Profesor Karel Vacek
devadesátiletý 469
Ivan Pelant, Jan Hála, Petr Malý

Nobelova cena za objev supermasivní černé díry ve středu Mléčné dráhy

Michal Bursa

Astronomický ústav AV ČR, v. v. i., Fričova 298 251 65 Ondřejov; michal.bursa@asu.cas.cz

Při pozorování galaxií v bližším okolí Mléčné dráhy zjistili astronomové už počátkem 20. století, že malá část z nich vykazuje zvláštní charakteristiky. Šlo především o pozorování širokých emisních čar ve spektrech jejich centrálních oblastí [1] a též o objev výtrysku z centra galaxie M87 [2]. Po válce se začala rychle rozvíjet radiová astronomie a ukázalo se, že mnoho z pozorovaných silných radiových zdrojů jsou právě tyto zvláštní galaxie. V roce 1963 se v případě aktivní galaxie 3C 273 ukázalo [4], že pokud má být $10\times$ vzdálenější, jak vyplývalo z měření kosmologického červeného spektrálního posuvu, musí její jádro produkovat $100\times$ více energie než ostatní do té doby známé a aktivní galaxie (jak se tato zvláštní třída mezitím začala nazývat). Na světě byl první kvasar a bylo zřejmé, že takové množství energie nemohou vyprodukovat jen obyčejné hvězdy. O rok později přišli Edwin Salpeter [5] a Jakov Zeldovich [6] s domněnkou, že motorem kvasarů může být akrece plynu supermasivní černou dírou. Astronomové postupně dospěli k závěru, že nejen aktivní galaxie mají ve svém středu černou díru o hmotnosti, která se počítá na miliony či miliardy hmotností Slunce, ale že podobně hmotnou černou díru má téměř každá galaxie, přičemž většina z nich nemá pro tu svoji dost hmoty pro akreci a nejsou tedy aktivní. Odtud byl již jen krok k otázce, zda je i v srdci naší galaxie – Mléčné dráhy – supermasivní černá díra a jak je hmotná. Vzhledem k tomu, že Mléčná dráha je veskrze průměrnou galaxií, potvrzení přítomnosti supermasivní černé díry by zároveň bylo podpůrným argumentem pro to, že to tak chodí i v ostatních galaxiích.

Klíčem k prokázání, že se ve středu Galaxie nachází černá díra, resp. velmi kompaktní objekt, je ukázat, že je tam ve velmi malém objemu nahromaděno velké množství hmoty. V roce 1974 publikovali Bruce Balick a Robert Brown [7] objev jasného radiového zdroje ležícího přibližně v galaktickém středu, který byl kompaktnější než $0,1$ úhlové vteřiny, což bylo nejvyšší možné úhlové rozlišení použitého radioteleskopu. Během osmdesátých let se začalo ukazovat, že ve středu Galaxie se musí nacházet mnohem více hmoty, než je možné vysvětlit jen přítomností hvězd a volného plynu. Nicméně rozlišení radiových měření neumožňovalo přesnější určení velikosti oblasti, v níž je tato hmota koncentrována.

Hledání ve středu Mléčné dráhy

Na počátku devadesátých let bylo z pozorování zřejmé, že ať se ve středu Mléčné dráhy nachází cokoli, musí to být těleso, které jen velice málo září. Jedna ze zvažovaných variant byla, že se tam soustředí mrtvé vyhaslé hvězdy. A nejlepší způsob, jak se přesvědčit o pravém stavu věcí, je podívat se tam dalekohledem, který disponuje dostatečným úhlovým rozlišením, což je v tomto případě méně než zhruba desetina úhlové vteřiny – ale o tom později. Zhruba v této době se dvě skupiny astronomů chopily příležitosti a navrhly pozorovací program sledování pohybů hvězd v bezprostřední blízkosti galaktického středu. Byla to německá skupina z Institutu Maxe Plancka vedená Reinhardem Genzelem a americká skupina z Kalifornské univerzity vedená Andreou Ghezovou (obr. 1).

Obě skupiny předpokládaly, že pokud se jim podaří co nejbližší středu Galaxie najít a rozlišit nějaké hvězdy, potom by mohly jejich pravidelným pozorováním zaznamenat postupné změny jejich poloh. Pokud se ve středu galaxie nachází hmotný objekt, měly by tyto hvězdy být na vázané orbite okolo něj a pomocí Keplerova zákona o poloosách a oběžných dobách by mělo být možné určit jeho hmotnost. Navíc nejmenší vzdálenost, na jakou se hvězdy přiblíží k ohnisku (vzdálenost pericentra), určí horní mez na velikost tohoto centrálního tělesa.

K tomu se rozhodly použít největší pozemské dalekohledy, jaké byly k dispozici. Volba americké skupiny byla jasná, neboť na havajské sopce Mauna Kea byla v roce 1993 uvedena do provozu dvojice Keckových dalekohledů o průměru primárního zrcadla

Nobelova cena
za fyziku 2020



Obr. 1 Andrea Ghezová a Reinhard Genzel.

<https://ccf.fzu.cz>



Ubíhající elektrony v tokamacích – otevřené otázky a český příspěvek k jejich řešení

Jan Mlynář^{1,2}, Jakub Čaloud^{1,2}, Ondřej Ficker^{1,2}, Eva Macúšová¹, Jaroslav Čerovský^{1,2}

¹ Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v. v. i., Za Slovankou 1782/3, 182 00 Praha 8; mlynar@ipp.cas.cz

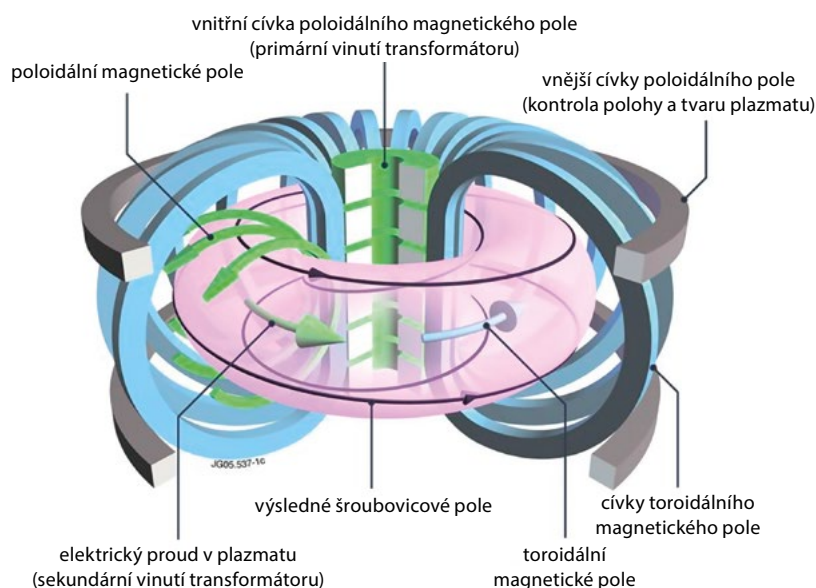
² Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, České vysoké učení technické v Praze, Břehová 78/7, 115 19 Praha 1

Výzkum fyziky ubíhajících elektronů se v posledních letech stal jednou z prioritních oblastí výzkumu na tokamacích. V rámci konsorcia EUROfusion, které koordinuje výzkum termojaderné fúze v Evropě, byl náš tým na tokamaku COMPASS v Ústavu fyziky plazmatu AV ČR, v. v. i., před šesti lety vyzván k zařazení studia ubíhajících elektronů do experimentálního programu. Tento článek shrnuje fyzikální motivaci k uvedenému výzkumu, dosažené znalosti a také hlavní výsledky, kterými v tomto směru náš tým přispívá k jistějšímu zvládnutí termojaderného provozu prvních fúzních reaktorů, včetně zařízení ITER.

Dnes už málokdo pochybuje o tom, že úsilí o zvládnutí řízené termojaderné fúze je během na dlouhou trať. Letošní rok je z tohoto hlediska významný tím, že byla ukončena hrubá stavba reaktorové haly mezinárodního fúzního zařízení ITER, a tedy mohla začít i kompletace samotného reaktoru. Zatímco fyzikové nedočkavě čekají na první experimenty (ty by měly velmi zvolna a opatrně začít v roce 2025), z hlediska inženýrů probíhá asi nejzajímavější práce právě nyní. Vzhledem k náročné schvalovací proceduře (jaderné licenci pro provoz reaktoru) nebude

navíc možné provádět experimenty jaderné fúze (tj. s izotopy těžkého vodíku) před rokem 2035, experimenty budou do té doby probíhat výhradně v nereaktivním horkém plazmatu, tj. buď v lehkém vodíku, nebo v heliu.

ITER bude dosud největším fúzním experimentem s plazmatem udržovaným v magnetickém poli, s celkovým objemem plazmatu přibližně 830 m³. ITER patří mezi zařízení typu tokamak, ve kterém je magnetické pole konfigurováno osově (rotačně) symetrickým uspořádáním cívek v kombinaci s polem elektrického proudu ve smyčce plazmatu, viz obr. 1. Základní metodou udržování proudu v plazmatu je indukce, tj. změna proudu v centrálním solenoidu (tokamak je proto často přirovnáván k transformátoru), proud je ovšem možné udržovat i neinduktivně (například elektromagnetickým vlněním), nemalou roli může hrát i tzv. samoindukovaný proud způsobený diamagnetickými drifts částic v toroidálním směru. Elektrické proudy v plazmatu ITER mají dosahovat hodnot až kolem 15 MA. O to horší jsou pro ITER disrupce plazmatu, které jsou jednou z nejzávažnějších komplikací provozu tokamaků obecně. Při disrupci dojde k náhlému ukončení plazmatického výboje nestabilitou plazmatu, a tedy k přerušení toku elektrického proudu v plazmatu. Důsledkem jsou rychlé změny magnetického pole, které finálně vedou ve vodivých strukturách tokamaku (v cívkách, ve vakuové nádobě) k velkým rázovým silám. Vedle toho v důsledku vyhasnutí plazmatu náhle vzroste toroidální elektrické pole indukované centrálním solenoidem, což může vést ke vzniku svazku elektronů urychlovaných v toroidálním směru. Možnost vzniku těchto tzv. *ubíhajících elektronů* je další velmi nevídanou komplikací provozu, protože ener-



Obr. 1 Principiální schéma tokamaku s vyznačenými magnetickými cívkami a poli (vždy v barvě dle zdroje). S laskavým svolením konsorcia EUROfusion. Dostupné z: <https://www.euro-fusion.org/news/detail/tokamak-principle/>

Gravitační data pro geoaplikace

Jaroslav Klokočník¹

Astronomický ústav AV ČR, v. v. i., Fričova 298, 251 65 Ondřejov; jaroslav.klokocnik@asu.cas.cz

Pracujeme s gravitačními aspekty (deskriptory): tíhovými anomáliemi/poruchami, Marussiho tenzorem druhých derivací poruchového potenciálu, gravitačními invarianty a jejich specifickým poměrem, úhly napětí a s virtuálními deformacemi. Testovali jsme je na známých a velmi rozmanitých geologických útvarech. Poté jsme extrapolovali do méně známých oblastí. Objevili jsme dvě kandidátky na subglaciální sopky ve východní Antarktidě, tři subglaciální jezera a jednu jezerní pánev poblíž a přispěli jsme k diskusi o možném obrovském impaktním kráteru ve Wilkesově zemi. Ověřili jsme několik paleojezer na Saharě a navrhli jedno zatím neznámé v západním Egyptě pod tlustými vrstvami písku. Pomohli jsme ověřit nově objevené subglaciální krátery v Grónsku, podpořili existenci hypotetického kráteru v Indickém oceánu, sibiřského kráteru Kotuykanskaja a dalších. Korelovali jsme učené úhly napětí s nalezišti ropy a plynů nebo podzemní vody.

Zdrojem gravitace je hmota – v případě Země především „horniny“. Atmosféra je sice také hmotná, ale v porovnání s horninami je zanedbatelná; o vodě a oceánech se to už však říci nedá. Horniny jsou z různých důvodů na různých místech různě husté. Tyto hustotní variace vyvolávají variace gravitace, resp. tíže. Těmto odchylkám říkáme gravitační (tíhové) anomálie.

Gravitační anomálie Δg vypovídají o rozdílech v hustotách pod zemským povrchem. Geofyzika, geodézie a další obory takové anomálie proměřují a snaží se odhadnout, co je hlavní příčinou jejich vzniku.

Když si člověk představí naši planetu Zemi a jak se složení hornin mění s hloubkou, může usoudit, že k maximálním hustotním rozdílům dochází blízko povrchu Země. V hloubkách desítek a stovek kilometrů jsou již horniny tak extrémně stlačené, že k velkým hustotním rozdílům nedochází, až na průběžné zvyšování hustoty materiálu s narůstající hloubkou. Jak ale z měření globálního gravitačního pole na družicích získat informaci o změnách hustoty blízko povrchu Země? K tomu je třeba zobrazit ne samotné gravitační pole, ale jeho rozdíly při posunu z jednoho místa povrchu na druhé. Těmto rozdílům se říká první derivace nebo také gradient (rozdíl) gravitačního pole (přesněji gravitačního potenciálu v radiálním směru) – to jsou ony Δg . Protože gravitační pole je velmi robustní a jeho zdrojem je celá Země, tak abychom zvýraznili opravdu jen ty rozdíly, které souvisejí se změnami hustoty u povrchu, je vhodné vynést rozdíly rozdílů – tedy druhou derivaci gravitačního potenciálu. Tyto parametry, tedy



Gravimetr (CG-5 od firmy Scintrex) pro měření tíže.

druhé derivace gravitačního pole, vytvářejí Marussiho tenzor [2].

K přímému měření druhých derivací poruchového potenciálu, tj. složek Marussiho tenzoru, se používají gravitační gradientometry (gravitační torzní váhy) [3]. Na Zemi ovšem trpěly šumem [4]. Naštěstí díky technologickému pokroku mohou dnes létat na letadlech [5] a gradientometr (gradiometr) jako diferenciální mikroakcelerometr byl také umístěn a pět let úspěšně měřil na družici ESA GOCE [6, 7]. Akronymem GOCE znamená *Gravity and Steady-State Ocean Circulation Explorer*. Mise GOCE přinesla řádové zlepšení našich dosavadních znalostí o gravitačním poli Země, pokud jde o přesnost i rozlišovací schopnost [8].

Náš zájem o využití výsledků mise GOCE k rozpoznaní zajímavostí skrytých pod zemským povrchem začal v době předletové přípravy projektu a pokračoval mj. návrhem na optimální výběr dráhy GOCE, který byl přijat a realizován v závěru mise [9, 10]. Autor se seznámil s vedoucím projektu Rnem Floberghagenem (tehdy ESA ESRIN) a na výzvu ESA připravil návrh využití měření z GOCE [11]. Po udělení grantu v rámci PECS (přidružení České republiky k ESA) pracovala naše skupina deset let na tom, co dnes shrnuje nedávno publikovaná kniha [1].

¹ Ačkoli je podepsán jen jeden autor, jde o kolektivní práci, které se různou měrou a v různou dobu za posledních asi deset let zúčastnili J. Kostecký, A. Bezděk, J. Kalvoda, C. A. Wagner, R. Floberghagen, C. K. Shum, V. Cílek, G. Kleetschka, J. Sebera, L. Eppelbaum, I. Pešek, J. Mizera, Ch. Gruber, P. Novák, J. Vondrák a další. Toto populárně-vědecké sdělení je jen kompilací z našich prací níže citovaných a v podstatě sleduje obsah naší nové knihy [1], nedávno pokřtěné v MÚ AV ČR a ČAS (v tomto čísle je k tomu samostatná zpráva). Zde jde samozřejmě jen o malou ochutnávku.

Pravčická brána v obležení výzkumníků

Zuzana Vařilová

Muzeum města Ústí nad Labem, Masarykova 1000/3, 400 01 Ústí nad Labem

Kdo by neznal Pravčickou bránu, turisticky nejnavštěvovanější místo Českého Švýcarska. Tento monumentální pískovcový oblouk, tyčící se nad promenádní Gabrielinou stezkou, se stal nejen symbolem relativně nedávno založeného národního parku (právě letos slavícího kulaté 20. výročí), ale i tichým svědkem dlouhé historie lidstva. A „zažil“ také mnohé dramatické přírodní události, které zásadním způsobem přetvořily a zformovaly před statisíci lety zdejší pískovcovou krajinu. Stejně jako základ většiny skalních útvarů se totiž Pravčická brána začala tvořit v době pleistocénu, pravděpodobně během posledního glaciálu, působením erozivních procesů spolu se selektivním odnosem materiálu.

Tektonická stavba pískovců, která je v tomto případě reprezentována ustupujícím okrajem strukturní plošiny rozbrázděným systémem souběžných puklin, umožnila vytvoření přes sto metrů dlouhého výběžku defilé Křídelních stěn a stala se základním předpokladem pro tvorbu a vývoj Pravčické brány. Ta vznikala na bázi úzkého skalního ostrohu (tzv. skalní zdi) s oboustrannými převisy. Skalní masiv byl perforován a docházelo k rozšiřování vzniklého otvoru; brána se postupně formovala opadáváním bloků a skalních šupin podél obloukovitých puklin za spolupůsobení eroze a zvětrávání v závislosti na rozložení vnitřního tlakového pole až do dnešní podoby [1, 2]. Z hlediska dosavadního geomorfologického vývoje (podle znaků

uváděných The Natural Arch and Bridge Society [3]) náleží Pravčická brána ke zralým formám a nachází se ve druhé polovině své existence. S rozpětím 26,5 metru a výškou oblouku 16 metrů se stala největší pískovcovou skalní bránou v Evropě.

Pod dozorem ochránců

Počátek formální ochrany Pravčické brány spadá do šedesátých let minulého století, kdy bylo skalní těleso a jeho bezprostřední okolí vyhlášeno chráněným přírodním výtvozem (CHPV). Ještě do počátku let osmdesátých se turisté mohli procházet po samotném oblouku skalní brány. V roce 1982 byl však vrchol brány uzavřen z důvodu výrazného „ošlapu“ povrchu. Nad-



Obr. 1 Úzký pískovcový ostroh sledující převažující tektonické linie ve směru SV–JZ s Pravčickou bránou (letecký snímek).
Foto: P. J. Juračka

LASEROVÁ LABORATOŘ ZABÝVAJÍCÍ SE STUDIEM NOVÝCH REŽIMŮ OZAŘOVÁNÍ MATERIÁLŮ V RÁMCI CENTRA HiLASE

Nathan Goodfriend¹, Juraj Sládek^{1,2}, Miroslava Flimelová¹,
Wladimir Marine¹, Inam Mirza¹, Nadezhda M. Bulgakova¹

¹ HiLASE Centrum, Fyzikální ústav Akademie věd ČR, v. v. i., Za Radnicí 828, 252 41 Dolní Břežany; mirka.flimelova@hilase.cz

² KIPL, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, České vysoké učení technické v Praze, Trojanova 13, 120 00 Praha 2

Tento článek představuje stručný vhled do současného stavu dostupných laserových systémů, které v rámci centra HiLASE slouží ke studiu základních i pokročilých aspektů interakce laserového záření s látkou. Výzkum v této oblasti je organizován především v rámci projektu BIATRI („Pokročilá tvorba funkčních materiálů: Od mono- k BI- A TRI-chromatické excitaci s tvarovanými laserovými impulzy“)[1].

Strategickým cílem projektu BIATRI je prozkoumat nové možnosti vývoje materiálů, navrhnut materiálů, které budou mít jedinečné vlastnosti, a najít specifické podmínky pro nejúčinnější interakci laserového světla s různými materiály. Klíčovou roli v experimentech BIATRI hraje horké plazma. To vytváří extrémní podmínky zahřívání, kterých je obtížné dosáhnout jinými prostředky. V rámci výzkumu je plánováno použít jak monochromatické světlo se specifickými podmínkami fokusace, tak i kombinaci dvou nebo tří paprsků s různými vlnovými délkami. Prvním impulzem dosáhneme generace volných elektronů z ozařeného materiálu, které pak umožní účinnou absorpci fotonů z dalších impulzů (druhý a třetí impulz). Plánované experimenty jsou součástí rozsáhlého projektu HiLASE CoE, který zaštiťuje různorodou škálu

experimentů s cílem dosáhnout unikátních výsledků v oblasti laserové vědy [2].

1 Komerční laserové systémy

V laserové laboratoři E3 jsou umístěny tři samostatné komerční laserové systémy a jeden laser, který byl vyvinut v centru HiLASE – laser PERLA C. Tato zařízení nám umožňují studovat laserové interakční procesy v materiálech s různou dobou trvání impulzu (od 35 fs do 5 ns) s dostupnými vlnovými délkami v oblasti střední IR (infračervená oblast) až UV (ultrafialová oblast). Díky variabilitě délky impulzů můžeme efektivně řídit tepelné efekty, které probíhají během mikroobrábění, zatímco možnost měnit vlnovou délku dovoluje kontrolovat fyzikální a chemické procesy vedoucí k excitaci v materiálu. Jak lze vidět v tabulce 1, paramet-

	PHAROS	PHAROS harmonické frekvence	Astrella	Astrella harmonické frekvence	Excimerový laser
délka impulzu	245 fs – 10 ps	245 fs – 10 ps	35 fs	≥35 fs	5 ns
opakovací frekvence	1 Hz – 200 kHz	1 Hz – 200 kHz	1 kHz	1 kHz	300 Hz
maximální energie v impulzu (mJ)	2	0,5 (515 nm)* 0,25 (343 nm)* 0,125 (257 nm)*	7	~3,5 mJ (400 nm) [#] ~1,5 mJ (343 nm) [#]	1,3 (157 nm) 7,0 (193 nm) 8,5 (248 nm) 0,3 (337 nm)
vlnová délka (nm)	1030	515, 343, 257	800	400, 267	157, 193, 248, 337
laserové médium	Yb:KGW	nelineární krystaly	Ti:safír	nelineární krystaly	F ₂ , ArF, KrF, N ₂
OPA	–	–	viz sekce 2.2	–	–

* Při vstupní energii 1 mJ, opakovací frekvenci 2 kHz a délce impulzu 245 fs

[#] Při vstupní energii 7 mJ, opakovací frekvenci 1 kHz a délce impulzu 35 fs

Tab. 1 Specifikace pro komerční laserové systémy

Linearita a relativita

Jana Musilová, Tomáš Tyc

Ústav teoretické fyziky a astrofyziky, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, Kotlářská 2, 611 37 Brno;
janam@physics.muni.cz, tomtyc@physics.muni.cz

Na příkladu z oblasti speciální teorie relativity ukazuje příspěvek přirozený vztah aparátu lineární algebry k fyzikálním teoriím. Předkládá elementární postup při odvození tzv. speciální Lorentzovy transformace na úrovni vstupního kursu obecné fyziky v univerzitním studiu fyzikálních, resp. technických oborů a ukazuje, že k tomu zcela stačí pochopení pojmu lineárního zobrazení a zvládnutí rutinních maticových operací. Na problémech souvisejících s pojmy současnosti a souměstnosti, tzv. kontrakce délek a dilatace času ukazuje efektivnost přímé aplikace Lorentzovy transformace oproti obvyklým, takzvaně „náznovým“ úvahám, které ji nevyužívají.

Úvodem – linearita a fyzikální zákony

Většinu fyzikálních zákonů lze formulovat matematicky, pomocí vztahů mezi různými fyzikálními veličinami. Mnoho takových vztahů je lineárních, z těch základních dokonce většina – zmiňme například druhý Newtonův zákon, lineárně spojující sílu a jí vyvolané zrychlení, Maxwellovy rovnice lineárně spojující časové a prostorové derivace elektromagnetických polí, dále vlnovou rovnici pro šíření vln s nepříliš velkou amplitudou, která vyjadřuje lineární vztah mezi druhými časovými a prostorovými derivacemi vlnové funkce, nebo Schrödingerovu rovnici v kvantové mechanice. Lineární vztahy ale najdeme také třeba při transformacích vektorových a tenzorových fyzikálních veličin při přechodu mezi bázemi, při rozkladu světla v optickém vlákne do jednotlivých módů vlákna a v řadě dalších situací. Takovými vztahy se zabývá lineární algebra, krásná oblast matematiky, která nachází rozsáhlé uplatnění ve všech oblastech fyziky – od ryze teoretické přes aplikovanou fyziku až po inženýrskou praxi.

Je pozoruhodné, že někdy lze ze samotného předpokladu, že mezi nějakými fyzikálními veličinami je lineární vztah, získat řadu zajímavých výsledků. V dnešním příspěvku si to ukážeme na příkladu speciální teorie relativity, kdy z předpokladu linearit vztahů mezi časoprostorovými souřadnicemi určité události v různých vztažných soustavách spolu s postulátem o konstantní rychlosti světla můžeme jednoduše dospět k Lorentzově transformaci, relativitě současnosti a dalším pozoruhodným relativistickým jevům.

V dalším předpokládáme, že čtenář je obeznán se základy lineární algebry a maticovým počtem. Proto upustíme od jejich rekapitulace.

Relativita: Princip stálé rychlosti světla a symetrie časoprostoru

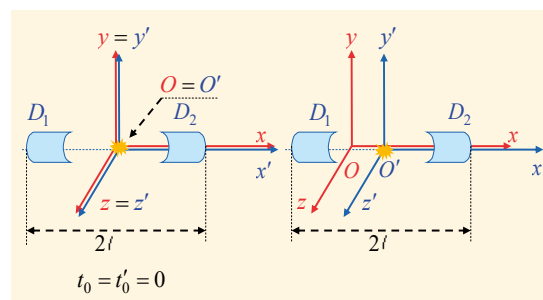
Rekapitulaci potřebného fyzikálního základu se však vyhýbat nebudeme s cílem později zdůraznit přímou návaznost na aparát lineární algebry. Speciální teorie relativity stojí na tzv. *principu stálé rychlosti světla*, za jehož experimentální východisko lze považovat Michelsonův a Morleyův pokus (1887):

Světlo se ve vakuu šíří ve všech inerciálních vztažných soustavách stejnou rychlostí.

Z didaktických důvodů podotkneme, že rychlostí světla se většinou rozumí skalární veličina představující velikost rychlosti, nikoli tedy vektor. Hodnota rychlosti světla ve vakuu je jednou z univerzálních konstant a je stanovena definitoricky přesně, $c = 299\,792\,458\text{ ms}^{-1}$. Rychlost světla je zároveň mezní rychlostí – žádné těleso se nemůže pohybovat rychleji, větší rychlostí se nemůže přenášet ani energie či informace (je míněn pohyb těles v prostoru). V dalším budeme vztažné soustavy pokládat za inerciální.

Princip vypadá velmi jednoduše. Jak jej však převést do „řeči matematiky“, tj. vyjádřit jej v souvislosti s pojmem *událost*, který představuje čtveřici souřadnic $U \dots (t, x, y, z)_S \dots (t', x', y', z')_{S'}$ v dané vztažné soustavě S , resp. S' , kde t je čas a x, y, z jsou kartézské souřadnice? Taková „matematizace“ se opírá o pojem *invariantu*: v klasické mechanice je invariantem (tj. veličinou vyjádřenou pomocí charakteristik události) časový interval mezi dvěma událostmi U_1, U_2 , tj. $t_2 - t_1 = t'_2 - t'_1$. (Z toho v klasické mechanice například vyplývá, že dvě události, které proběhly současně v jedné vztažné soustavě, proběhly současně ve všech vztažných soustavách, bez ohledu na místo. V teorii relativity díky principu stálé rychlosti světla ovšem toto tvrzení neplatí – hovoříme o *relativitě současnosti*.)

Relativnost současnosti jako důsledek principu stálé rychlosti světla lze kvalitativně ukázat na jednodu-



Obr. 1 K pojmu relativnost současnosti.

O čem psal Čs. čas. fyz. před 50 lety v roce 1970

vybral Jan Valenta

Jubilejní, dvacátý ročník žlutého časopisu měl již zaběhnutou novou podobu, kterou mu v roce 1968 po svém nástupu vtiskl nový vedoucí redaktor Zdeněk Málek. Doba začínající normalizace nebyla příliš radostná, jak můžeme číst mezi řádky. Z celého ročníku, který před půlstoletím zahrnoval 704 stran formátu B5, vybíráme několik ukázek s přesahem do dnešních dnů.

Čs. čas. fyz. **A 20**, 105 (1970) / Appendix

Novoroční otázky

K otázkám po smyslu našeho usilování, které jsme si kladli pod stejným názvem této redakční poznámky loni v lednu /1/, přinesl uplynulý rok sice některé odpovědi, avšak současně položil otázky nové. Ta, která se týkala podpory Československého časopisu pro fyziku (A) se strany čtenářů se však řešila až na prahu letošního jubilejního dvacátého ročníku. Výsledek nevypadá špatně: Více než sto dalších členů Fysikálních vědeckých-sekcí JČMF a JSMF se přihlásilo k odběru časopisu, a tak se vstupem do nového ročníku se stává pro obě sekce časopisem členským.

Dělat časopis pro rezonující čtenáře není jistě špatný pocit. Pro ty, kteří se mu v minulých dvou letech snažili najít novou tvář, přijatelnou pro většinu našich fyziků, je to pocit srovnatelný se situací, kdy se při zdlouhavém experimentu prvního předběžného pozitivního výsledku dosáhlo, zatímco v horní laboratoři prasklo topné potrubí. Bude možno přesto pokračovat a výsledky potvrdit?

Možnost dělat přijatelný fyzikální časopis, který jsou kolegové ochotni dokonce snad považovat za svůj, je podmíněna řadou předpokladů. Jeden triviální spočívá v existenci obce autorské a obce čtenářské. Protože všech těch, kteří čtou česky a slovensky o fyzice, je jenom vesnička, nezbyvá, než aby její občané byli ochotni v těchto jazycích psát to, co ostatní jsou ochotni číst. Porovnáme-li počty nevyprošených příspěvků do jednotlivých oddílů časopisu s čtenářským zájmem o tyto oddíly, vychází úměrnost nepřímá. Nedala by se změnit na přímou?

Koncepci a náplň časopisu se pokoušelo prozatím hledat jen několik fyziků. Jejich omezená zkušenost, obor zájmů a meze jejich invence určují přirozeně dosavadní profil časopisu. Bylo by možno získat nové náměty od ostatních a navíc i od příslušníků jiných profesí, kteří fyzikální metody a výsledky ve své práci potřebují a pro něž se snažíme časopis také dělat?

Omezené možnosti a žalostné podmínky polygrafie donutily nakladatelství Academia snížit všem časopisům Akademické pro letošní rok dočasně rozsah; prodej-

ní korunová cena však zůstává zachována. V případě Čs. čas. fys. (A) je nyní limit 104 stran knižtisku a 8 stran ofsetu na číslo. Podaří se během tohoto roku nakladatelství zajistit chybějící kapacitu a vrátit se k původnímu rozsahu?

Podobně, jako je mnohem snazší otázky klást, než na ně odpovídat, je mnohem lehčí událostem přihlížet, než do jejich vývoje zasahovat. V důvěře, že však je lepší otázky alespoň klást a bedlivě přihlížet, než jenom vyčkávat, Vám redakce předkládá první číslo 20. ročníku s prosbou, abyste alespoň do tohoto časopisu účinně zasahovali, a přeje Vám, aby se Vám ještě v tomto roce podařilo dosáhnout uskutečnění všech důležitých přání.

Zdeněk Málek

/1/ Čs. čas. fys. **A 19** (1969), 134

Došlo 19. 1. 1970.

Čs. čas. fyz. **A 20**, 189 (1970)

/ Otázky a názory

Přehled typových zkušebních otázek pro aspiranty-fyziky

1. Mechanika

Částice se pohybuje v potenciálovém poli $V(r) = e^{-r}/r^{12}$.

- Ukažte, že řešení této úlohy nemá žádný vztah k vazebné energii deuteronu.
- Objasněte asymptotické chování řešení pro $12 \rightarrow \infty$.

2. Elementární částice

Vyjmenujte všechny doposud neobjevené elementární částice a uveďte jejich hmotnost, náboj, spin, isotopický spin, podivnost a příčiny, proč nebyly doposud objeveny.

3. Kvantová teorie

Napište Schrödingerovu rovnici popisující studenta studujícího fyziku elementárních částic. Získáte tak

Zpráva o 20. konferenci českých a slovenských fyziků, KONANÉ ROKU 2020 v PRAZE ZA ČASŮ COVIDU

Jan Valenta

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

Dvacátá konference v roce 2020 – numerologové by jistě zajásali nad takovým souborem dvacítek. Co by asi předpověděli? Pokud by hádali, že to bude konference značně netradiční, měli by pravdu.

Série konferencí českých a slovenských (na počátku československých) fyziků (KČSF) má v současnosti za cíl udržet dřívější nadstandardní vztahy nebo alespoň povědomí o dění v těchto dvou národních komunitách vědců. Můžeme se ptát, zda to má ještě význam v době, kdy tlak na specializaci a vědeckou výkonnost nás nutí pragmaticky navazovat spolupráce, které jsou výhodné bez ohledu (téměř) na geografickou polohu na zeměkouli? Na stránkách tohoto časopisu, kde se snažíme plnit podobnou úlohu jako tato konference, musí být naše odpověď pochopitelně kladná.

Na webové stránce konference byly její cíle vyceneny takto [1]: „Konference si již tradičně klade za cíl seznámit účastníky s nejnovějším pokrokem zejména v odvětvích fyzikálních věd, kterým se v České republice a na Slovensku intenzivně věnujeme. Chceme posílit také komunikaci fyziků napříč obory a napříč generacemi. Pozornost bude věnována i výuce fyziky a prezentaci fyziky pro širokou veřejnost.“ Konference se tedy měla otevřít veřejnosti více, než je obvyklé. Druhý a třetí den se mohli učitelé středních a základních škol účastnit



Obr. 2 Posluchárna N1 v okamžiku uvedení první přednášky po slavnostních projevech. Foto: T. Princ, MFF UK

po bezplatné registraci. Jeden večer byl věnován přednáškám zcela otevřeným pro veřejnost (doc. F. Kundracík: *Tajomstvá fujary a pišťaliek*, prof. V. Matolín: *Vodík – palivo pro udržitelnou energetiku*).

KČSF se v poslední době ustálila na periodě tří let a střídání místa setkání na Slovensku a v Čechách. Minulá konference se konala roku 2017 na Slovensku v Prešově [2] a předtím 2014 v Olomouci. Letos Česká fyzikální společnost (ČFS) v čele s předsedou organizačního výboru doc. M. Cieslarem a předsedou programového výboru doc. J. Mlynářem se rozhodla uspořádat konferenci v Praze v tradičním termínu na začátku září (7.–10. 9.), před zahájením výuky v zimním semestru. Místem setkání se stal nový pavilon MFF UK zvaný Impakt (obr. 1), kde je posluchárna N1 s největší kapacitou na fakultě (obr. 2), a paralelní sekce probíhaly kousek vedle v zrekonstruovaných posluchárnách T1 a T2. Pavilon Impakt byl postaven v areálu tzv. Matematicko-fyzikálního učiliště, které vzniklo v Praze-Holešovicích v 70. letech 20. století (základní kámen položen v prosinci 1968 [3]) a sídlí zde část MFF UK a FJFI ČVUT (včetně školního reaktoru



Obr. 1 Nový pavilon Impakt MFF UK na Pelc-Tyrolce v Holešovicích (Troji) v den zahájení konference.

Poselství příštím generacím

Jana Žďárská

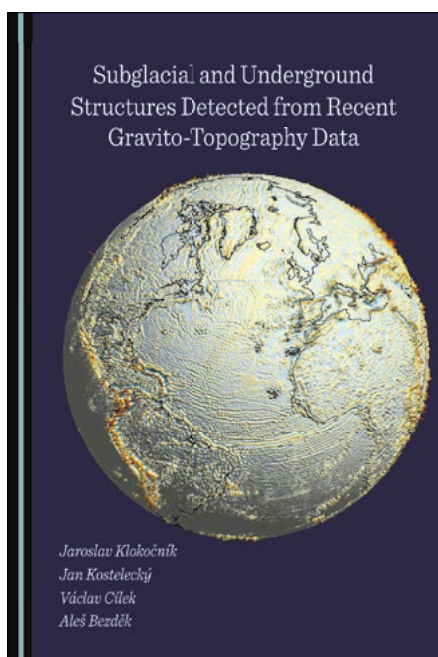
Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 2, 182 21 Praha 8

Reportáž ze slavnostního setkání autorů vědecké monografie nakladatelství Cambridge Schollars Publishing *Subglacial and underground structures detected from recent gravito-topography data* J. Klokočnicka, J. Kosteckého, V. Cílka a A. Bezděka

Vědecké bádání bývá často dlouhodobým procesem, než se vědec či vědecký tým dobere konkrétního výsledku. Završením pak může být publikování badatelského výsledku v časopise nebo ještě lépe v knize. A těch má profesor Jaroslav Klokočnick (Astronomický ústav AV ČR) na svém kontě hned několik.

Když jsme v roce 2018 v rámci setkání Kosmologické sekce ČAS křtili jednu z nich – *Gravitační atlas Antarktidy* (Springer) –, vůbec jsme netušili, že se při podobné příležitosti setkáme opět, a to velmi brzy. Netrvalo ani dva roky a další kniha Jaroslava Klokočnicka a jeho spolupracovníků je na světě. Jedná se o monografii *Subglacial and underground structures detected from recent gravito-topography data*, jež byla vydána v Anglii letos v červenci.

Asi není pochyb o tom, že předávání vědeckých poznatků příštím generacím je rozhodně jedním ze stěžejních úkolů současných vědců. Pokračování lidské civilizace neprobíhá pouze prostřednictvím genů a civilizační paměti, ale nedílnou součástí



Publikace vznikla jako soubor popisů jednotlivých objektů s jedním společným jmenovatelem – gravitačními aspekty.

lidského poznání jsou i odborné publikace. Jaroslav Klokočnick k tomu dodává: „Napsat knihu je vždy závazek. Je to žrout času a energie. Nejde jen o vlastní psaní, ale i o to všechno kolem. Šli jsme do toho všichni dobrovolně a skvostně spolupracovali (V. Cílek, J. Bezděk, J. Kostecký, J. Klokočnick). Za výsledek jsem rád, protože na rozdíl od vědeckých článků, zaměřených úzce monotematicky, knížka umožňuje nadhled a shrnutí – vše do jednoho pytle pro pohodlí čtenáře. Takže tam čtenář nalezne subglaciální sopky, jezera i krátery v Antarktidě a v Grónsku, paleojezera na Saará, naleziště ropy a plynu na různých místech světa stejně tak jako něčím zvláštní impaktní krátery na pevnině i pod mořem, a to vše založené na gravitačních aspektech. To je na tom to nové.“

Publikace *Subglacial and underground structures detected from recent gravito-topography data* prof. Jaroslava Klokočnicka, vědeckého pracovníka Astronomického ústavu AV ČR, a jeho kolegů Dr. V. Cílka, prof. J. Kosteckého a doc. A. Bezděka je originální a na rozdíl od odborných článků nepostrádá osobní vhledy jednotlivých spoluautorů. „Odborné články prostě nestačí a někdy je dobré s určitým odstupem shrnout svoje myšlenky a výsledky do většího celku a na větším prostoru vysvětlit to, co v odborné práci udělat nemůžete, protože jste tam omezení například počtem rádků. A do článků nepatří vlastní pocity.“

Publikace vznikla jako soubor popisů jednotlivých objektů s jedním společným jmenovatelem, a to gravitačními aspekty. „Když nad tím nyní přemýšlím, tak nějak jsme na tu knížku zráli, až jsme na ni dozráli. Kroužení kolem trvalo rok, nezbytné úřadování bylo únavné, ale samotný porod byl pak už poměrně rychlý,“ dodává Jaroslav Klokočnick.

A jak sám říká, souhrn, jehož výsledkem tato monografie je, má rozsáhlé a hluboké historické pozadí: „Když jsem byl v roce 1972 přijat na Astronomický ústav v Ondřejově, dostal jsem za úkol zpracovat pozorování umělých družic pořízená místní



Publikace *Subglacial and underground structures detected from recent gravito-topography data* umožňuje – na rozdíl od vědeckých článků zaměřených úzce monotematicky – nadhled a shrnutí.
Foto: F. Lomoz

Týden vědy na Jaderce

Jana Žďárská

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

Týdenní soustředění středoškoláků na „Jaderce“ nabízí každému z nich lákavou možnost vyzkoušet si po šest dní na vlastní kůži vědeckou práci ve skutečném výzkumném prostoru. Cílem akce je dozvědět se nové informace z oblasti přírodních a technických věd a zažít na vlastní kůži, jak vědci doopravdy pracují a jak náročné to je. Součástí programu jsou i exkurze na vrcholová vědecká pracoviště v Praze. Soustředění je zakončeno malou konferencí, kde středoškoláci prezentují výsledky vlastního výzkumu a jejich úsilí je završeno sborníkovým příspěvkem. Letos tato akce z důvodu karantény neproběhla, a tak si připomeňme tu loňskou a těšme se na tu budoucí v roce 2021 – některé věci prostě distančně dělat nelze!

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI) Českého vysokého učení technického (ČVUT) s centrem na břehu Vltavy je prototypem tzv. výzkumné fakulty. Kromě výuky se fakulta intenzivně věnuje také vědě, výzkumu a následným aplikacím v technice, medicíně, ekonomii, biologii, ekologii a dalších oborech. To je pro studenty významným přínosem, protože si během svého studia mohou vybrat hraniční témata mezi moderní vědou a jejími praktickými aplikacemi.

FJFI se věnuje nejen stávajícím studentům, ale i těm budoucím, jimž nabízí mnoho zajímavých možností. Pokud bychom měli některé z nich jmenovat, pak je to dozajista nabídka širokého spektra populárně zaměřených přednášek právě pro studenty středních škol. Erudovaní přednášející po dohodě navštíví vybrané střední školy a věnují se studentům, kteří se o přírodní vědy zajímají.

Další ze zajímavých činností je například akce TCN aneb „Tudy cesta nevede, ale vy ji najdete!“, kterou pořádají studenti pro studenty. Cílem tohoto setkání je prozkoumávat taje vysokoškolského přístupu k matematice, přírodním vědám a informatice, ale i seznámit se s novými kamarády, které tyto vědy baví.



Ing. Vojtěch Svoboda (*1967) vystudoval Fakultu jadernou a fyzikálně inženýrskou ČVUT v Praze, v roce 2001 získal titul kandidáta fyzikálně-matematických věd (CSc.) na Ústavu fyziky plazmatu AV ČR. V letech 2006–2009 se hlavní měrou podílel na reinstalaci tokamaku Golem jako evropského vzdělávacího centra experimentální výuky v oblasti termojaderné fúze na půdě FJFI ČVUT, od roku 2009 je jeho hlavním inženýrem. V roce 2014–2015 získal 4x diplom „Zlatá křídla“ za výuku na FJFI ČVUT a v roce 2017 obdržel medaili 3. stupně za přínos k rozvoji FJFI ČVUT. Kromě své vědecké práce se významnou měrou věnuje popularizaci vědy (Noc vědců, Týden vědy FJFI).

Foto: J. Žďárská

řízení je vedle vědecké činnosti provozována také činnost vzdělávací, která mimo jiné spočívá i v nabídce exkurzí pro střední školy. Studenti si jej proto za podpory garanta Ing. Vojtěcha Svobody, CSc., mohou důkladně prohlédnout a pod jeho vedením sledovat nebo i iniciovat vlastní vývoj. A Vojtěch Svoboda k tomu dodává: „Protože termonukleární fúze leckoho zajímá, exkurzí probíhá opravdu velké množství. Asi nejvíce atraktivní je však toto zařízení pro naše studenty. V rámci praktické práce studentům rozdám různá měřicí zařízení a ponechám je, aby si mohli vše pěkně nastavit a proměřit. Osadit tokamak vlastními silami základní diagnostikou, iniciovat vysoko-temperaturní tokamakový vývoj a vypreparovat z výsledků odhad proudu plazmatem, elektronovou teplotu a dobu udržení plazmatu je pro studenty nižších ročníků fakulty často silným zážitkem. Tak se nenásilnou formou studenti dozvědí, co to je termojaderná fúze a jaké jsou její výhody jako zdroje energie pro lidstvo. Jaké jsou možné i nemožné cesty k jejímu zvládnutí a jaký je současný stav termojaderného výzkumu v České republice i ve světě. Dozvědí se však i informace o tom, co lze studovat na FJFI a jaké to tu je.“



FJFI se věnuje nejen stávajícím studentům, ale i těm budoucím, kterým nabízí přednášky, exkurze a zajímavé projekty. Foto: Archiv FJFI

Jednou z důležitých forem podpory zapálených středoškolských studentů je nabídka návštěvy výukových zařízení přímo na FJFI. Studenti si během exkurze mohou důkladně prohlédnout například školní reaktor VR-1 i s ukázkou jeho provozu. Jedná se o jedinečnou příležitost prohlédnout si, jak takový skutečný jaderný reaktor vypadá a jak se řídí.

Dalším unikátním pokusným zařízením, které FJFI provozuje již od roku 2007, je tokamak Golem – zařízení k ovládnutí řízené termojaderné fúze. Na tomto za-



Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská Českého vysokého učení technického je prototypem tzv. výzkumné fakulty. Foto: Archiv FJFI

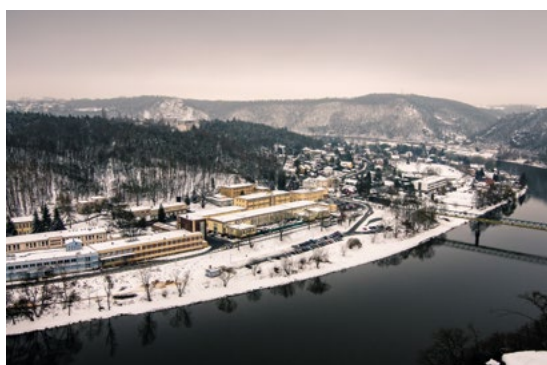
Hodnocení životnosti materiálů pro jaderné reaktory

Rozhovor Radima Kopřivy s Milanem Brumovským u příležitosti jeho 85. narozenin

Radim Kopřiva¹, Milan Brumovský²

¹ Oddělení Mechanické vlastnosti, ² Divize Integrita a technický inženýring; ÚJV Řež, a. s., Hlavní 130, Řež, 250 68 Husinec

Nedílným prvkem současné energetické koncepce nejen v České republice je bezesporu jaderná energie. Pro zajištění bezpečného a dlouhodobého provozu jaderných reaktorů je nutná precizní znalost vlastností jejich konstrukčních materiálů a odolnosti vůči působení provozních degračních mechanismů. Jednou z největších osobností v oblasti hodnocení životnosti jaderných reaktorů je RNDr. Milan Brumovský, CSc., který výrobě komponent jaderných elektráren a jejich hodnocení zasvětil celou svou, stále aktivní, kariéru.



Pohled na areál v Řeži. Zdroj: Archiv ÚJV Řež

■ **Ing. Radim Kopřiva, Ph.D.:** *Jaderná energetika se rozvíjí stejně jako další vědní obory. Jak se tento rozvoj odráží na vývoji nových materiálů pro reaktory? Liší se materiály nových jaderných reaktorů od dob, kdy byly vyráběny první tlakové nádoby reaktorů typu VVER v Plzni?*

RNDr. Milan Brumovský, CSc.: V průběhu posledních desetiletí se jednoznačně zvýšila kvalita nových konstrukčních materiálů obecně, zejména z hlediska čistoty chemického složení. I technologie samotné výroby se postupem času mění a kupříkladu zahrnutí elektrických pecí na tavení oceli přispělo k výraznému zlepšení chemického složení materiálů. Menší obsah nečistot přispívá ke zvýšení odolnosti konstrukčních materiálů vůči působení degračních mechanismů, jímž jsou materiály komponent za provozu vystaveny. Vyšší kvalita konstrukčních materiálů dává obecně předpoklad k delšímu možnému provozování dané komponenty. Je nutné ovšem zdůraznit, že konstrukční

materiály pro reaktory typu VVER, tedy pro v současnosti provozované reaktory v České republice, musely vyhovět už od prvopočátku poměrně přísným požadavkům na chemické složení, obsah nečistot a současně i na výskyt nečelistvostí. V porovnání s materiály „západních“ typů reaktorů je tedy možné obecně považovat materiály reaktorů VVER vyráběných ve ŠKODA JS za kvalitnější.

■ **RK:** *Mezi jednotlivými typy jaderných reaktorů jsou tedy značné rozdíly v použitých materiálech a konstrukci jednotlivých komponent. Je možné při těchto rozdílech plnohodnotně rozvíjet spolupráci výzkumných institucí v oblasti jaderné energetiky na mezinárodní úrovni?*

MB: Přestože konstrukce reaktorů typu VVER se mírně odlišuje od reaktorů západního typu, degrační mechanismy probíhající během provozu se v zásadě neliší. Interakce konstrukčních materiálů s chladivem a degradace mechanických vlastností způsobená tokem rychlých neutronů je založena na stejných fyzikálních procesech bez ohledu na použité materiály. Mezinárodní spolupráce v oblasti hodnocení ozářených materiálů reaktorů je tedy nejen možná, ale také dlouhodobě využívaná a přináší velmi prospěšné výsledky. Bez mezinárodní spolupráce by výrazně obtížněji vznikala normativní dokumentace pro hodnocení životnosti jaderných elektráren a také standardy pro zkoušky mechanických vlastností. Pro vývoj a následnou implementaci nových zkušebních metod do průmyslové praxe je nutné vycházet z poměrně rozsáhlých mezilaboratorních porovnání, která by bez spolupráce na mezinárodní úrovni nebylo možné realizovat. Příkladem může být úspěšný vývoj nové zkušební me-

JE Temelín pod drobnohledem

Václav Havlíček¹, Jana Žďárská²

¹ Jaderná elektrárna Temelín, 373 05 Temelín-elektrárna

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

Jaderné štěpení prostřednictvím jaderné energetiky otevřelo lidstvu důležitou cestu k výrobě energie s malou uhlíkovou stopou. K jadernému štěpení uranu docházelo při experimentech v laboratořích už od roku 1934, jen o tom vědci nevěděli. Otto Hahn, Lise Meitnerová a Fritz Strassmann si tehdy jako první uvědomili (po velmi detailních experimentech a rozborech), že při jejich pokusech došlo ke štěpení jader uranu.¹ Během 2. světové války se následně rozběhl jaderný program v řadě zemí. První řízená řetězová štěpná reakce se uskutečnila 2. prosince 1942 v reaktoru CP-1, který postavil tým Enrica Fermiho v podzemí stadionu Chicagské univerzity. V České republice jsou v současnosti provozovány dvě jaderné elektrárny, a to v Dukovanech a Temelíně. O technologii výroby, bezpečnostních otázkách, nárocích na zaměstnance i celkovém vlivu jaderné elektrárny na okolí jsme hovořili s Ing. Václavem Havlíčkem, vedoucím II. reaktorového bloku Jaderné elektrárny Temelín.



Od začátku provozu ČEZ se zvýšil výkon Temelína o více než 200 MWe. Foto: Archiv JE Temelín

Výroba energie pomocí jaderného štěpení je i v současné době obestřena určitým tajemstvím. Zřejmě je to také tím, že si většina z nás nedokáže proces výroby energie štěpením jader uranu dost dobře představit. Když hoří dřevo, uhlí nebo plyn, vidíme to, je to pro nás svým způsobem hmatatelné a možná to dokážeme pochopit. Stejně tak je pro nás pochopitelný proces vzniku elektrické energie za pomoci obnovitelných zdrojů – tedy vody, slunce nebo větru. Ale představit si štěpnou reakci, při níž dochází k rozbití jádra nestabilního atomu a uvolnění energie, si tak snadno nedokážeme.

1 O historii objevu a interpretaci jaderného štěpení jsme nedávno publikovali sérii článků Filipa Grygara: Čs. čas. fyz. 69, 49, 203, 339, 441 (2019).

Jak je historicky známo, člověk se nejvíce bojí toho, čemu nerozumí. Tyto obavy průběžně podporují i některé havárie jaderných reaktorů či zneužití štěpných reakcí ve vojenství. Zřejmě i na základě toho vznikají sdružení tvrdě vystupující proti budování jaderných elektráren a jaderné energii jako takové.

Proto se i samotné jaderné elektrárny snaží co nejlépe informovat o své činnosti. Na této propagaci spolupracuje i Jaderná elektrárna Temelín. Její informační centrum, které bylo firmou ČEZ založeno v roce 1991, informuje jak o jaderné elektrárně, tak i o jaderné energetice a fyzice obecně. Přicházející návštěvníci si zde mohou prohlédnout názornou expozici o problematice jaderného štěpení, vyslechnout různé cílené přednáš-

Fyzik Helmar Frank – DIELO NESTORA A PRIEKOPNÍKA FYZIKY, TECHNIKY A TECHNOLOGIE POLOVODIČOV

Rudolf Kinder

Emeritný pracovník Ústavu elektroniky a fotoniky, FEI STU, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava; rudolf.kinder@gmail.com

Článok sa zaoberá vedeckou činnosťou významnej osobnosti Helmara Franka (1919–2015). Bola významná pri zvládnutí výroby prvých polovodičových diód a tranzistorov a ich zavedení do výrobného procesu krátko po vynájdení tranzistora. Významná bola aj jeho vedecko-pedagogická činnosť uplatňovaná na vysokých školách v rámci Československa, neskôr Čiech a Moravy a Slovenska.

Helmar Jozef-Maria Frank sa narodil 10. mája 1919 v Brne. Jeho rodičmi boli Edmund Frank (1889, Mohelnice – 1955, Regensburg) a Elisabeth rod. Jarmerová (1895, Mohelnice – 1981, Regensburg). Pochádzal z rakúskej rodiny. Otec bol stavebným majstrom (živnostník). Pracoval pre rôzne spoločnosti a podľa potreby menil miesto bývania. Matka bola učiteľkou a bola to ona, ktorá podporovala syna v štúdiu. Brat Irmfried sa narodil 30. 9. 1920 v obci Staré Bielsko a zomrel 6. 9. 2006 v Regensburgu. Z Brna sa v roku 1925 rodina presťahovala do Mohelnice na Morave. Základnú nemeckú obecnú školu navštevoval Helmar Frank v rokoch 1925–1930 v Mohelnici. V rokoch 1930–1938 navštevoval Nemecké gymnázium v Olomouci. Predsavzatie, čím by sa chcel v budúcnosti zaoberať, nastalo v jeho pätnástich rokoch, po prečítaní darovanej popularizačnej knihy o fyzike. Rozhodol sa, že sa bude zaoberať fyzikou a bude učiť na vysokej škole. V auguste 1943 sa oženil s Wilmou Reilovou. Mali dve dcéry, Ingeborg a Karin. O živote a diele Helmara Franka sa píše v knihe [1], v kapitole „Helmar Frank a jeho doba“ (tento článok je upravenou a rozšírenou verziou jej časti venovanej jeho dielu) a v článku Fyzik Helmar Frank – život [2], na ktorý náš text nadväzuje.

Vysokoškolské štúdium

Po maturite v roku 1938 bol Helmar Frank prijatý na štúdium matematiky, fyziky a chémie na Prírodovedeckej fakulte Nemeckej univerzity (PFNU) v Prahe. Učili ho významní učitelia. Základy fyziky prednášal doc. Glaser, spolupracovník objaviteľa elektrónového mikroskopu Ernsta Rusku, potom prof. Gudden. Matematiku doc. Varga, po ňom prof. Kowalevski a chémiu prof. Walldschmütz-Leitze [3].

V roku 1940, po uzavretí českých vysokých škôl, sa riaditeľom Fyzikálneho ústavu v ulici Ke Karlovu, kam Frank patrila, stal prof. Dr. Bernhard Gudden z Erlangenu, ktorý dostal príkaz na prevzatie ústavu. Od roku 1926 pôsobil Gudden ako prednosta Fyzikálneho ústa-



Helmar Jozef-Maria Frank pri oslavách 90. narodenín.

vu v Erlangene. Dosiahol mimoriadne úspechy v pedagogickej činnosti a v riešení výskumných problémov v oblasti fyziky pevných látok. Predtým pracoval v Göttingene a spolu so svojím učiteľom prof. Robertom Wichardom Pohlom objavili Guddenov-Pohlav jav.

Po menovaní prof. Gudden za riaditeľa Fyzikálneho ústavu sa ústav presťahoval do Viničnej ulice č. 7, kde pôsobil v rokoch 1864–1867 fyzik svetového formátu Ernst Mach, a od marca 1911 do júla 1912 ako profesor a riaditeľ Ústavu teoretickej fyziky fenomenálny Albert Einstein. Dodnes je v budove umiestnený reliéf s profilom Alberta Einsteina [1, 2].

Prof. Gudden vybudoval laboratórium pre výskum polovodičov na detekciu infračerveného žiarenia do prístrojov na nočné videnie. Spoločne s Guddenom prišla do Prahy skupina pracovníkov na vybudovanie laboratórií, ktoré bolo dotované cez *Reichsministerium für Rüstung und Kriegsproduktion*. Vo Fyzikálnom ústave bol Helmar Frank zamestnaný ako pomocná vedecká sila od roku 1940 do roku 1942. Prof. Gudden ho poveril, aby sa v rámci dizertačnej práce zaoberal objasnením Brownovho javu, ktorý bol pozorovaný

Profesor Karel Vacek devadesátiletý

Ivan Pelant¹, Jan Hála², Petr Malý²

¹ Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Cukrovarnická 10/112, 162 53 Praha 6; pelant@fzu.cz

² Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova, katedra chemické fyziky a optiky, Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2

Prof. RNDr. Karel Vacek, DrSc., se narodil 4. srpna 1930 v Havlíčkově Brodě. Po maturitě na tamním gymnáziu nastoupil v Praze ke studiu na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy, obor fyzika–chemie. V roce 1954 započal svou akademickou dráhu na tehdy čerstvě založené (1952) Matematicko-fyzikální fakultě Karlovy univerzity. Této instituci pak zůstal věren po celý svůj profesní život.

Začínal jako člen Fyzikálního ústavu UK, později inicioval založení katedry fyziky pro přírodovědné obory (KFPo), která se transformovala na katedru chemické fyziky (KChF). Jako žák profesora Ladislava Zachovaly se zabýval nejprve fotochemickými vlastnostmi iontových krystalů, brzy však přešel ke studiu jejich optických vlastností, zejména luminiscence.



S prof. L. Zachovalem při procházce v parku zámku Štířín, druhá polovina 50. let.

V rámci studijního oboru Chemická fyzika a biofyzika, jehož zrod prof. Vacek posléze spoluinicioval, se vědecký profil katedry chemické fyziky přeorientoval na studium optických vlastností organických materiálů, zejména chlorofylu a příbuzných fotosyntetických struktur. Výrazně tím ovlivnil řadu svých spolupracovníků a žáků. Dodnes se na KChF (nyní s pozmeněným názvem katedra chemické fyziky a optiky) úspěšně rozvíjejí oba jím založené směry, tj. zkoumání jak anorganických látek s výrazným aplikačním potenciálem (v současnosti zejména polovodičů a spintronických materiálů), tak i organických biologicky významných sloučenin. Používá se k tomu špičkových experimentálních metod nelineární optiky a laserové spektroskopie.



K. Vacek přednáší na obnoveném Seminári vědecké fotografie v roce 2004. Foto: J. Valenta

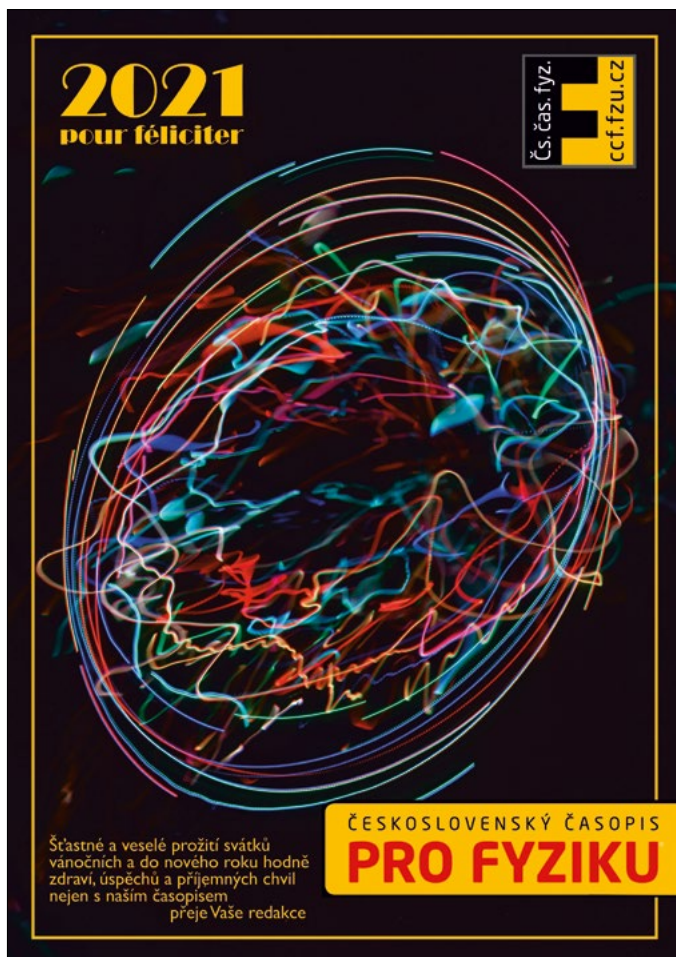
Prof. Vacek vychoval velký počet diplomantů a doktorandů. Po pedagogické stránce mu patří též rozhodující zásluha na tom, že do učebních plánů mnoha studijních oborů Přírodovědecké fakulty UK (odborná chemie, odborná biologie, geologie, ...) se podařilo zařadit kurzy fyziky. Sám také po dlouhá léta v těchto základních fyzikálních kurzech pro „nefyziky“ přednášel a je autorem příslušných učebních textů.

Za vyvrcholení úspěšné vědecko-pedagogické kariéry prof. Vacka lze považovat období let 1976–1985, kdy působil jako děkan Matematicko-fyzikální fakulty UK a výsledky jeho vědecké práce byly oceněny udělením Národní ceny ČSSR roku 1979.

Jeho spolupracovníci a žáci mu přejí do dalších let co nejpevnější zdraví!



Na konferenci ISET 1981 v Praze vítá profesora V. M. Kenkre.



Abstracts of review articles

Jan Mlynář, Jakub Čaloud, Ondřej Ficker, Eva Macušová, Jaroslav Čeřovský: Runaway electrons in tokamaks - open questions and the Czech contribution towards their solution

Research in the physics of runaway electrons has become one of the most important fields in current tokamak science. In the framework of the EUROfusion consortium, which coordinates thermonuclear fusion research in Europe, the Institute of Plasma Physics of the CAS was invited, from 2014, to introduce a runaway electron study into the experimental programme of the COMPASS tokamak. This article summarises the motivation for runaway electron research, the achieved knowledge, and also the main results of our team, which may contribute to yet safer thermonuclear operation of the first fusion reactors, including the ITER facility.

Jaroslav Klokočník: Gravitational data for geoapplications

We work with the gravity (gravitational) aspects (descriptors): gravity anomalies/ perturbations, Marussi tensor of the second derivatives of the disturbing potential, gravity invariants and their specific ratio, strike angles and virtual deformations. By testing these aspects on known and diverse geological features, we are able to extrapolate the data for remote unknown areas. This has allowed us to discover two candidates for subglacial volcanoes in east Antarctica, three subglacial lakes and one lake basin nearby, and contributed to discussion about a possible huge impact crater in Wilkes Land, Antarctica. Also, we verified several paleolakes in the Sahara Desert and proposed one unknown paleolake in west Egypt under thick layers of sand. Additionally, we helped verify newly discovered subglacial craters in Greenland, supported the existence of a hypothetical crater in the Indian ocean, the Siberian crater Kotuykanskaya, and many others. By correlating the combed strike angles, we can identify possible deposits of oil and gases, or ground water.

Zuzana Vařilová: Pravčická gate under siege of researchers

Since the 1990s, the Pravčická Arch (Bohemian Switzerland in the Czech Republic) a protected rock formation and the largest sandstone arch in Europe, has been monitored by experts. Long-term monitoring of hazardous movements is carried out on it using manual and automatic systems.

In 2020, comprehensive non-destructive research of the arch was started with focus on its stability, including detailed geological documentation, study of salt weathering, temperature deformation and monitoring of negative changes using a set of geophysical methods.

Nathan Goodfriend, Juraj Sládek, Miroslava Flimelová, Wladimir Marine, Inam Mirza, Nadezhda M. Bulgakova: Laser-matter interaction laboratory at the HiLASE Centre for exploring novel regimes of material irradiation

This article presents a brief introduction to, and the current state of, available laser systems for the study of both fundamental and advanced aspects of laser-matter interaction. The planned research work is mainly organized under the framework of project BIATRI ("Advanced designing of functional materials: From mono- to BI- And TRI-chromatic excitation with tailored laser pulses"). The strategic aim of BIATRI is to explore novel pathways of matter evolution, for designing materials with new unique properties and to find specific conditions for the most efficient coupling of laser light with matter. A key role in BIATRI work packages is hot plasma effects, which create extreme heating conditions, and which are difficult to reach by other means. This can be achieved by finding specific conditions with programmed coupling of laser light with matter. It is planned to use both mono-chromatic light with specific focusing conditions and combinations of two or three laser beams with different wavelengths. The first pulse will generate a free carrier population within the irradiated material enabling the efficient absorption of photons from a second or/and third pulse. Planned research work is also supplementary by the large-scale project HiLASE CoE, providing synergy for the whole scope of lab research work.

Jana Musilová, Tomáš Tyc: Linearity and relativity

This paper shows a natural connection of linear algebra to physics theories on an example of the special theory of relativity. An elementary derivation of the special Lorentz transformation is presented, at the level of a first year university course on general physics, and it is shown that, for such a derivation, understanding of the concept of linear mapping and elementary matrix operations is fully sufficient. The paper also shows an advantage of the application of Lorentz transformation to the problems of length contraction and time dilation, compared to the more usual, supposedly "illustrative" explanations.