

4 / 2025
SVAZEK 75

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS **PRO FYZIKU**

80



FYZIKA ZA VÁLKY • HODGEŮV OPERÁTOR • RANÉ GALAXIE A „DOSVIT“ VESMÍRU
ZÁHADA SVÍTÍCIHO PODZEMÍ • PRINCIPY KVANTOVÉ FYZIKY • URANOVÝ SPOLEK
• OBSERVATOŘ MILEŠOVKA 120 • KDE LEŽÍ DUHA • GAMA ASTRONOMIE •



ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU 4/2025

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 2025

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,
of the Czech Academy of Sciences

Vedoucí redaktor – Editor-in-Chief:
Jan Valenta

Výkonná redaktorka:
Jana Žďárská

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

Sekretariát redakce:
Ondra M. Šípek
Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.
Na Slovance 2, 182 00 Praha 8
tel.: +420 266 052 152
e-mail: cscasfyz@fzu.cz

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

Jazyková úprava:
Stanislava Burešová, Naďa Mrkvýková

Výroba, grafika, tech. redaktor:
© Jiří Kolář

Tisk: Grafotechna plus, s. r. o.

Cena jednoho výtisku je 95 Kč.
Objednávky a prodej jednotlivých čísel
v ČR vyřizuje redakce.

Na Slovensku časopis rozšiřuje
Jednota slovenských matematikov a fyzikov,
pobočka v Žiline, Ul. 1. mája 32, 010 01 Žilina,
e-mail: ivo.cap@fel.uniza.sk

Distribution rights in foreign countries:
Kubon & Sagner, PO Box 240108,
D-8000 München 34

Časopis je zařazen na Seznam recenzovaných
neimpaktovaných periodik vydávaných v ČR.

Registrace: MK ČR E 3103, ISSN 0009-0700
(Print), ISSN 1804-8536 (Online).
Copyright © 2025 Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.

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



Úvodník

Badatel nikdy nevypíná

Je doba dovolených, a tak jsme ze všech stran nabádání k tomu, abychom „vypnuli“. Vlastní letitou praxí jsem však dospěl ke zjištění, že skutečný badatel nemá nikde vypínač a prostě nemůže svoji badatelskou zvědavost vypnout. Ať je na dovolené kdekoliv, tak jak se někde objeví nějaká zajímavost nebo dokonce záhada, už je dřímající mysl excitována a snaží se věc prozkoumat, pochopit a zaznamenat. Může se to zdát jako jistá nevýhoda pro konkrétního člověka, ale je to velká výhoda pro pokrok lidstva.

My s chotí jsme letos lezli po skotských kopcích. Nejvyšší z nich Ben Nevis (1 345 m n. m.) je i nejvyšší horou Britských ostrovů a pravděpodobně i kopcem s nejhorším počasím. Náš výstup probíhal za mrholení a v oblaku – viditelnost byla jen pár desítek metrů; nahoře se přidal silný vítr a chladný déšť, jenž promočil i vše „zaručeně nepromokavé“. Přes mokré brýle jsem sotva viděl ruiny meteorologické stanice (viz foto nahoře) a pamětní desku připomínající její existenci v letech 1883 až 1904. Stanice byla postavena a provozována z darů s nadějí, že až prokáže svou užitečnost, získá pro ni Skotská meteorologická společnost státní podporu – což se však nestalo. Na desce bylo také možné se dočíst, že „*Brockenské strašidlo, které zde pozoroval na mracích C. T. R. Wilson, jej inspirovalo k experimentům, které vedly k sestrojení mlžné komory a získání Nobelovy ceny roku 1927*“ (volně přeloženo). To byl pro badatele na dovolené konečně excitující podnět, který na chvilku zahnal myšlenky na co nejrychlejší sestup zpět pod oblaka a do sucha.

Následné bádání na internetu odhalilo krásný příběh mladého skotského vědce Charlese T. R. Wilsona (jediného skotského držitele Nobelovy ceny za fyziku, jak se tvrdí), který se po skončení studia v Cambridgi (1892) protloukal různě – působil jako učitel a zajímal se hodně o meteorologii. To jej pravděpodobně přivedlo ke „stáží“ na benneviské observatoři v září 1894. (Takové záskoky sloužily k tomu, aby si pravidelná obsluha stanice mohla odpočinout.) Zde pozoroval zajímavé optické jevy vznikající při projekci stínu člověka Sluncem na níže ležící oblaka či mlhu – Brockenské strašidlo či vidmo (pojmenované po nejvyšším kopci německého pohoří Harz) – a další efekty. Pak se Wilson projevil jako pravý badatel a šikovný experimentátor. Když zanedlouho nastoupil u J. J. Thomsona v Cavendishově laboratoři, chtěl optické jevy na mlze experimentálně zkoumat. Nejprve se učil vyrobit mlhu, studoval kondenzační



ní centra atd. Shodou náhod zrovna tehdy koncem roku 1895 Röntgen objevil své paprsky X a následujícího roku Becquerel „uranové“ paprsky. A tak Wilsonova mlžná komora našla své zásadní využití při zobrazování drah ionizujícího záření, poznání podstaty alfa a beta záření a stala se prostředkem pro řadu dalších objevů jaderné fyziky.

Sám Wilson ve své nobelovské přednášce a proslovu na banketu ve Stockholmu zdůraznil klíčový význam pobytu na Ben Nevisu a následnou šťastnou shodu okolností: „*Krása toho, co jsem viděl, způsobila, že jsem se zamiloval do oblaků a rozhodl se provést experimenty, abych se o nich dozvěděl více. [...] Těm několika týdnům stráveným na nejvyšším bodě své rodné země vděčím za mnoho šťastných let práce v laboratoři a za nemálo vzrušujících okamžiků – a možná i za svou dnešní přítomnost zde!*“ [na nobelovském banketu]. Pro dokreslení Wilsonovy povahy cítíme z nekrologu sepsaného P. M. S. Blacketem: „*Z velkých vědců své doby byl snad nejmírnějším a neklidnějším a nejvíce lhostejným ke slávě a ocenění; jeho hluboké pohroužení se do práce pramenilo z jeho intenzivní lásky k přírodě a jejím krásám.*“

Asi si pomyslíte: Je to docela pěkná „pohádka“, podobná těm o objevu radia a polonia Marií a Pierrem Curieovými a o dalších velkých objevch 19. a 20. století. Dnes už ale není nic podobného možné. V současnosti už jednotlivci nic nedokážou, nové poznatky jsou výsledkem úsilí velkých kolektivů s velkými granty. Ano, charakter vědecké práce se jistě velmi proměnil. Řádově více lidí se profesionálně věnuje vědecké práci – je velká konkurence a v boji o prestiž a granty zdánlivě není čas na nějaké neproduktivní hraní.

Přesto se domnívám, že prvotní zvědavost bytostného badatele je stále základem vědy. Bez ní je věda jen úmornou prací, honičkou za impakty, body a kariérou. O badatelskou zvědavost je proto třeba pečovat, trénovat ji občasným výletem do jiných oblastí výzkumu, než je ta, ve které se cítíme jako doma. Dobré je také navazování mezioborových spoluprací, výjezdy za účelem osvojení nových metod nebo četba zásadní literatury jiných oborů atd.

Závěrem tedy dám doporučení v rozporu s dnešní reklamou: Na dovolené nevypínejte svou pozornost, obklopte se novými podněty a přemýšlejte mimo zaběhnuté koleje. Inspiraci a nápadům se musí jít naproti!

Jan Valenta

Obsah

AKTUALITY

- Rané galaxie
přispívají k „dosvitu“ vesmíru** 268
Pavel Kroupa, Eda Gjergo



AKTUALITY

- Záhada svítícího podzemí** 270
Zkoumání historických
perzistentně-luminiscenčních materiálů
Jan Valenta, Stanislav Daniš, Anna Fučíková



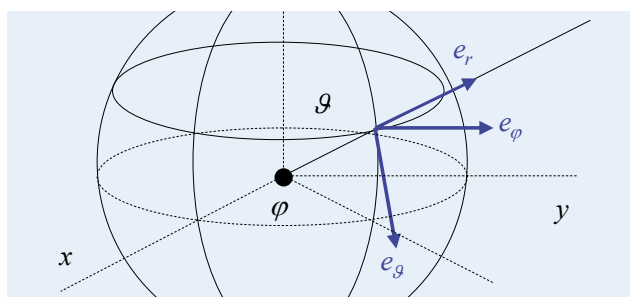
FYZIKÁLNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

- Přiblížení základních principů kvantové
fyziky bez použití matematiky II** 278
Zdeňka Koupilová



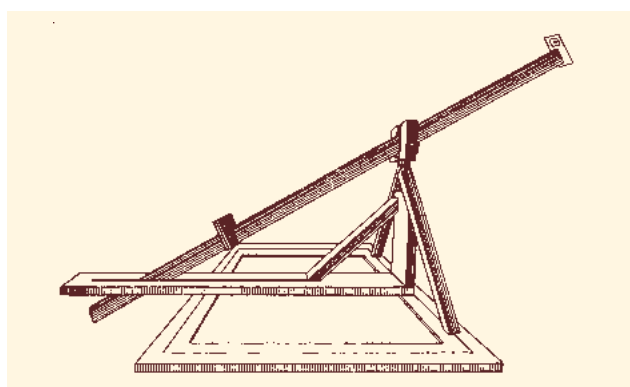
FYZIKÁLNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

- Hodgeův operátor
a jeho praktické užití** 288
2. část: Analytické aplikace
Petr Bulušek, Pavla Musilová, Jana Musilová



HISTORIE FYZIKY

- Keplerův Doplněk k optice Vitella** 296
Vladimír Štefl



HISTORIE FYZIKY

- Jáchymov, smolinec, radium
a paní Skłodovská-Curie** 307
Konference k 100. výročí návštěvy
madame Curie v Československu
Jan Valenta



Obrázek na obálce: Před osmdesáti lety skončila strašlivá světová válka. Jako každý velký konflikt přinesla vedle nezměrného utrpení i neobyčejné urychlení pokroku vědy a techniky. Největším počinem 2. světové války byl nepochybně vývoj jaderné bomby za něco málo více než šest let od objevu štěpení jádra uranu. Pro zajímavost, víte, že náklady na vývoj a konstrukci nosiče (Boeing B-29 Superfortress) této bomby činily o polovinu více než na projekt Manhattan? (Koláž: J. Valenta, Podklady: Wikipedia)

HISTORIE FYZIKY

Nacistický Uranový spolek v historickém kontextu (1. díl)

315

Filip Grygar



ZPRÁVY

120 let měření na observatoři Milešovka

326

Petr Zacharov, Jana Žďárská



ZPRÁVY

Oslavy sedmdesáti let od založení Ústavu jaderné fyziky AV ČR

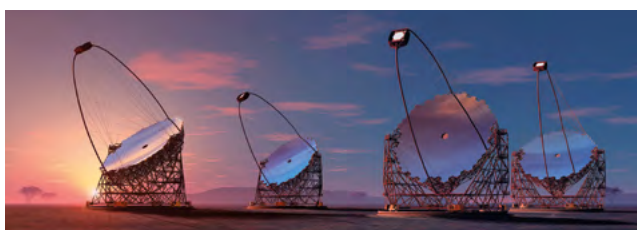
329

Filip Křížek

Gama astronomie

331

Jana Žďárská



ZPRÁVY

3x M – materiálový výzkum, mateřství a mysterium přírody

334

Jana Žďárská



ZPRÁVY

Cumulonimbus – oblak známý i neznámý

336

Díl devátý – Kde leží duha 2

Petr Zacharov, Jana Žďárská



ROZHOVOR

Výzkum sluneční koróny

339

Rozhovor s Elenou Dzifčákovou, držitelkou
Nušlovsky ceny za celoživotní výzkum Slunce

Elena Dzifčáková, Jana Žďárská



Rané galaxie přispívají k „dosvitu“ vesmíru

Pavel Kroupa^{1,2}, Eda Gjergo³

¹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, D-53121 Bonn, SRN; pkroupa@uni-bonn.de

² Astronomický ústav Matematicko-fyzikální fakulty, Univerzita Karlova, V Holešovičkách 747/2, 180 00 Praha 8; pavel.kroupa@mff.cuni.cz

³ School of Astronomy and Space Science, Nanjing University, Nanjing, 210093, Jiangsu, People's Republic of China; eda.gjergo@nju.edu.cn

Kosmické mikrovlnné pozadí, známé také jako „dosvit“ vesmíru (reliktní záření), je považováno za klíčový důkaz velkého třesku. Toto záření zároveň pomáhá vysvětlit, jak mohly vzniknout první galaxie. Současné vědecké výsledky badatelů z univerzit v Bonnu, Praze a Nankingu však naznačují, že intenzita tohoto záření byla doposud pravděpodobně nadhodnocena. Pokud se výpočty potvrdí, mohly by zpochybnit teoretické základy standardního kosmologického modelu.

Před 13,8 miliardy let vznikly tzv. z ničeho prostor, čas a hmota. Velký třesk znamenal počátek našeho vesmíru – alespoň podle standardního modelu kosmologie. V prvních 380 000 letech po velkém třesku se vesmír prudce rozpínal a přitom výrazně ochladl. Teprve tehdy se mohly elektrony a protony spojit a vytvořit stabilní elektricky neutrální atomy vodíku. V důsledku toho se vesmír stal propustným pro světlo, protože fotony již nemohly předávat energii hmotě. Tak se zrodilo kosmické mikrovlnné pozadí (CMB).

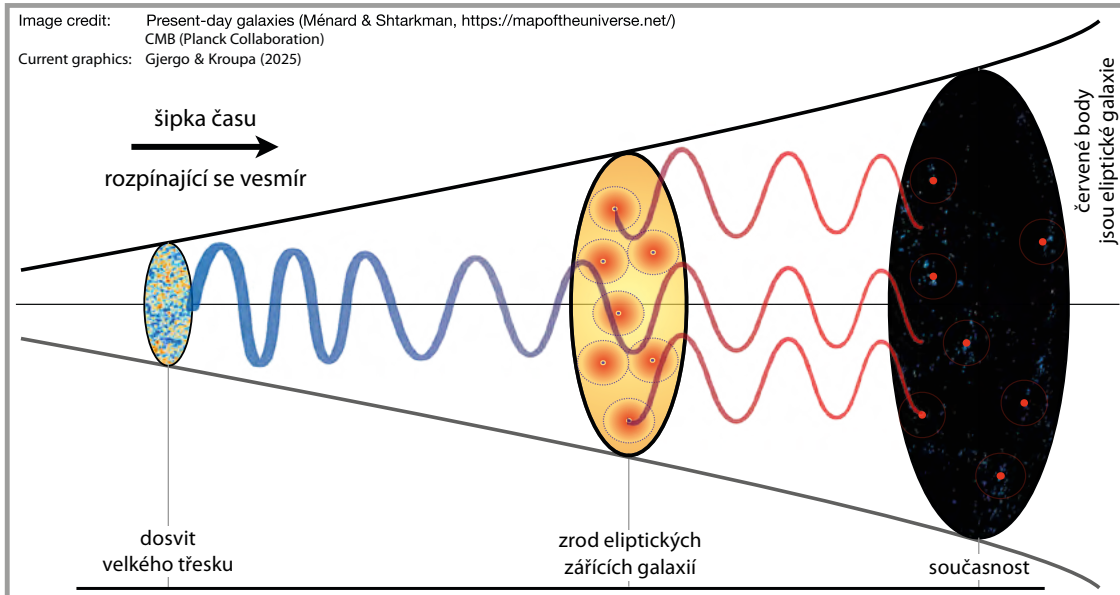
Toto záření lze i dnes detekovat pomocí vysoce citlivých radioteleskopů. Protože k nám putovalo téměř 13,8 miliardy let, poskytuje nám pohled do zrození a prvních hodin existence vesmíru. Podle našich výpočtů by však kosmické pozadí vůbec nemuselo existovat. Minimálně jsme přesvědčeni, že jeho intenzita byla přeceněna.

Mohutný hvězdný oheň překrývá kosmické pozadí

Společně s mladou vědkyní Dr. Edou Gjergo z Nankingské univerzity jsme zkoumali zvláštní skupinu galaxií, zvanou eliptické galaxie. Vesmír se od velkého třesku rozpíná podobně jako těsto, které kyne. To znamená, že vzdálenost mezi galaxiemi se neustále zvětšuje. Změřili jsme, jak daleko jsou eliptické galaxie od sebe dnes. Na základě těchto dat a s přihlédnutím k vlastnostem této skupiny galaxií jsme pak byli schopni pomocí rychlosti expanze určit, kdy se poprvé zformovaly.

Již dříve bylo známo, že eliptické galaxie byly prvními galaxiemi, které se v mladém vesmíru vytvořily. Obrovské objemy plynu se shlukly a vytvořily stovky miliard hvězd. Naše výsledky nyní ukazují, že tento proces trval jen několik stovek milionů let – což je

Image credit: Present-day galaxies (Ménard & Shtarkman, <https://mapoftheuniverse.net/>)
CMB (Planck Collaboration)
Current graphics: Gjergo & Kroupa (2025)



Záhada svítícího podzemí

Zkoumání historických perzistentně-luminiscenčních materiálů

Jan Valenta¹, Stanislav Daniš², Anna Fučíková¹

¹Katedra chemické fyziky & optiky, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova, Ke Karlovu 3, Praha 2; jan.valenta@mff.cuni.cz

²Katedra fyziky kondenzovaných látek, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova, Ke Karlovu 5, Praha 2

Perzistentně luminiskující látky byly prvními luminofory, které se podařilo člověku uměle vytvořit již před více než 400 lety. Jejich průmyslová výroba začala zhruba před sto lety. V tomto článku popíšeme, jaké materiály se pro tyto luminofory tehdy používaly, zejména pak v období 2. světové války, a představíme naši nedávno publikovanou studii o analýze tehdejších materiálů, dochovaných v kasematech brněnského Špilberku.

Úvod

Začneme pěkně definicí: *Luminiscence* je spontánní nerovnovážné vyzařování světla z kondenzovaných látek (kapalin či pevných látek), které byly předtím vybuzeny do vyšších energetických stavů [1, 2]. Tato definice ovšem není jediná možná, existují i jiné varianty (např. zahrnující i plyny). Podstatné je, že záření je nerovnovážné, tedy „navíc“ k tepelnému záření. Jelikož luminiscence není podmíněna zahříváním (spíše naopak – zahřívání ji často zeslabuje), mluví se o ní jako o „studeném světle“.

Rozlišujeme mnoho druhů luminiscence podle způsobu, kterým se zajišťuje vybuzení luminiskující látky (luminoforu¹): např. katodoluminiscence (buzená ka-

todovými paprsky, tedy elektrony, např. v klasické obrazovce), rentgenoluminiscence (buzená rtg. paprsky), fotoluminiscence (buzená jiným světlem), elektroluminiscence (buzená elektrickým proudem či silným polem), sonoluminiscence (buzená zvukovými vlnami), chemiluminiscence (buzená chemickou reakcí), bioluminiscence (obdoba chemiluminiscence v živých organismech) atd. [3]. V tomto článku se nadále budeme zabývat pouze fotoluminiscencí² [4].

Konkrétně se zaměříme na anorganické luminofory, které mají neobvykle dlouhý dosvit – emisi pozvolna vyhasínající po vypnutí buzení – a to až po mnoho hodin! Jak vůbec může fotoluminiscence trvat tak dlouho? Vždyť je to mnohem více než doba života jakéhokoliv elektronového excitovaného stavu. To je správná námitka – skutečně se nemůže jednat o pomalou fotoluminiscenci, často chybně nazývanou fosforescencí. Správný název tohoto jevu je *perzistentní (setrvalá) luminiscence* (PL) [5], což je *de facto termoluminiscence za ambientní (pokojoyé) teploty*. Termoluminiscence označuje děje, kdy se v materiálu zachytávají excitované elektrony a díry (vzniklé dopadem vysokoenergetického záření, jako je ultrafialové světlo nebo ještě energetičtější radioaktivní záření) v jistých „pastech“. Těmi jsou obvykle oblasti související s defekty v matici daného materiálu. Z těchto center se pak nosiče postupně uvolňují díky tepelným vibracím a difundují k emisním centrům, kde zářivě rekombinují. Tato centra jsou často vytvořena pomocí vhodných příměsí (dopantů) [6].

fosfor neobsahují. Fosforescence původně označovala svícení bílého fosforu, což je ovšem chemiluminiscence – oxidace (tento jev byl pozorován počátkem 18. stol, když lékař a alchymista Brandt izoloval fosfor z moči).

2 Pojem fotoluminiscence je často nahrazován termínem fluorescence či fosforescence. My doporučujeme používat tyto termíny jen pro organické luminofory. Fluorescence pak označuje vyzařování s krátkou dobou vyhasínání (typicky ns) a fosforescence má typicky dlouhé vyhasínání (obvykle μ s až ms).

¹ Jako luminofor označujeme libovolný kondenzovaný systém schopný vyzařovat luminiscenci. V anglické literatuře sice také existuje pojem *luminophore*, ale velmi často je nahrazován termínem *phosphor*, odvozeným od *phosphorescence* – je to velmi matoucí, neboť v drtivé většině luminofory žádný



Obr. 1 Vzorek boloňského kamene vystavený v Museo di mineralogia Luigi Bombicci, Bologna. Zdroj: Wikipedia



Přiblížení základních principů kvantové fyziky bez použití matematiky II

Zdeňka Koupilová

Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta, Katedra didaktiky fyziky, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8; zdenka.koupilova@matfyz.cuni.cz

Tento článek navazuje na první část, ve které jsem se zabývala zejména tím, že v mikrosvětě se objekty chovají zcela jinak, než na co jsme zvyklí z našeho běžného života. Tuto jinakost, kterou popisuje kvantová fyzika, může být těžké přijmout a také je obtížné se o ní bavit, protože nám chybí nejenom vhodná slova, ale i konkrétnější představy. V této části se zaměřím na další vybrané příklady tohoto nezvyklého chování a jeho důsledky, jako je princip superpozice, problematika měření a pravděpodobnostní charakter jeho výsledků, kvantové provázání (*entanglement*), a také na to, jakou informaci můžeme o kvantové částici získat.

Fyzikální vzdělávání
Zkušenosti učitelů a nové metody výuky

Ve výuce či popularizaci kvantové fyziky se často používají různé „historické poznámky“, které jsou tak brutální zkratkou skutečné reality, až to hraničí spíše s pohádkou či smyšlenkou. Svě posluchače na to ale obvykle důrazně upozorňuji. R. Feynman [1] mluví o „ustálených mýtech, které fyzikové předávají svým studentům a ti zase svým studentům. Tento mýtus nemusí přesně odpovídat reálnému historickému vývoji...“. Jeden z těch dobře fungujících ve výuce shrnuje, jak se myšlenky kvantového popisu světa prosazovaly mezi fyziky.

K rozvoji základů kvantové fyziky docházelo ve dvacátých a třicátých letech minulého století. V našem příběhu hrají hlavní roli zejména mladší fyzikové, jejichž zástupci jsou např. L. de Broglie, E. Schrödinger, W. Heisenberg a další, kteří kvantovou teorii rozvíjeli a vlastně s těmi zcela nezvyklými myšlenkami postupně přicházeli. Na pomyslné druhé straně fyzikálního kolbiště stojí v té době velmi dobře etablovaní fyzikové, jejichž zástupcem je v našem povídání A. Einstein, kteří se k této nově vytvářené teorii stavěli poměrně skepticky. Netvrdili, že by byla celkově špatně, ale spíše že ještě není řádně dokončená a že uvedené bizarnosti s pravděpodobnostním charakterem měření v čele jsou jen důsledkem toho, že ještě dost nerozumíme všem jejím částem. Dalo by se říci, že se notně bránili přijmout tehdy zcela revoluční pohled na svět, protože se jim zdál příliš bizarní. Nebyl v souladu s jejich filozofickým pohledem na fungování přírody a způsobu, jakým ho popisujeme. Věřte, že studenty potěší, pokud v situacích, kdy nevědí, jak mají probíranou látku uchopit, zareagujeme slovy, že nemají propadat malomyslnosti či pociťovat nízké sebevědomí, protože jsou na tom zatím stejně jako Albert Einstein. Ale ať vytrvají, že se budeme postupně seznamovat „s celým obrázkem“,

který nám o mikrosvětě kvantová fyzika předkládá, a že věříte, že si v tom časem logičnost a návaznosti najdou, i když jsme stále jen „jako ti nevidomí, co diskutují o jemných aspektech barvy“.

*After you learn quantum mechanics
you're never really the same again.*

*Poté, co se člověk naučí kvantovou mechaniku,
už nikdy není úplně stejný.*

Steven Weinberg

Superpozice stavů a kvantová měření

Teď si zkusme přiblížit něco, co je opravdu velmi vzdálené naší zkušenosti. Pravidlu se říká *princip superpozice* a známe ho i z jiných oblastí fyziky. V kvantové fyzice se dá tím nejjednodušším způsobem vyjádřit asi takto: Pokud částice může být v nějakých stavech, tak se může nacházet i v jejich libovolných kombinacích. Takovému kombinovanému stavu říkáme *superponovaný stav* nebo jen zkráceně *superpozice*. Popis systému v superponovaném stavu (ať už matematický, nebo bez použití matematiky) musí obsahovat informaci, z jakých stavů se superpozice skládá a jak každý stav „přispívá“ k celku.

Zkusme si to představit v našem světě – pokud mám doma někde brýle, tak vím, že s velkou pravděpodobností jsou někde na mém pracovním stole, s trochu menší pravděpodobností jsem je ponechala v koupelně, a ještě zůstává malá možnost, že jsem je nechala v kuchyni na polici. Takže z mého pohledu bych si mohla představit, že jsou vlastně na všech třech místech zároveň a zůstanou v takovém kombinovaném stavu, dokud je nezačnu hledat a nenajdu.

Hodgeův operátor a jeho praktické užití

2. část: Analytické aplikace

Petr Bulušek, Pavla Musilová, Jana Musilová

Ústav teoretické fyziky a astrofyziky, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, Kotlářská 2, 611 37 Brno;
180031@mail.muni.cz, pavla@physics.muni.cz, janam@physics.muni.cz

Druhá část příspěvku Hodgeův operátor a jeho praktické použití je věnována analytickým aplikacím tohoto důležitého algebraického pojmu. Zaměřuje se zejména na využití Hodgeova operátoru při analytických výpočtech v obecných křivočarých souřadnicích a ukazuje možnost sevřeného a elegantního zápisu fyzikálních rovnic. Úvod této části je věnován analytickému základu – problematice tzv. diferenciálních forem (antisymetrických tenzorových polí). Příspěvek spadá do oblasti univerzitního matematicko-fyzikálního vzdělávání. (1. část: Algebraický základ – viz [1].)

4. Analytická průprava

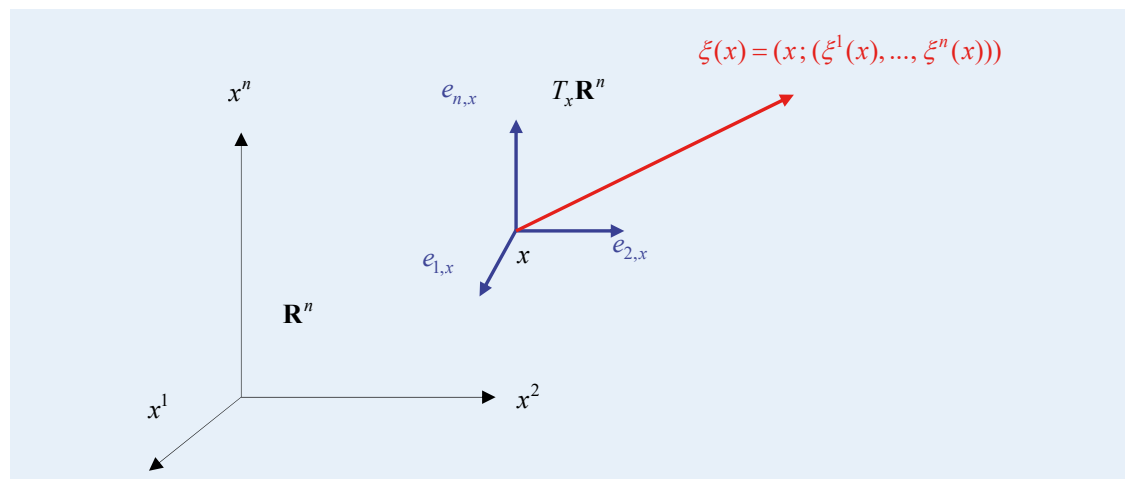
Pro snadné sledování pojmů a závěrů tohoto odstavce předpokládáme u čtenáře základní znalosti matematické analýzy funkcí více proměnných a dovednosti v oblasti souřadnicových přechodů, tj. nalezení báze tečných vektorů k souřadnicovým křivkám pro případ transformace souřadnic typu $\alpha: \mathbf{R}^3 \supset U \ni (u, v, w) \rightarrow (x, y, z) \in \mathbf{R}^3$ pomocí Jacobiho matice $D = D\alpha$ zobrazení α a odpovídající převod mezi složkami daného vektorového pole F v ortonormální bázi spojené s původními kartézskými souřadnicemi (x, y, z) a v obecné bázi spojené se souřadnicemi (u, v, w) .

Stručně zopakujeme pojem skalárních a vektorových polí a zavedeme diferenciální formy jakožto diferencovatelná pole antisymetrických tenzorů. Také metrický tenzor bude tenzorovým polem, ovšem symetrickým. Omezíme se pouze na ty operace s nimi, které

budeme potřebovat pro práci s Hodgeovým operátorem. *Skalární, vektorová a tenzorová pole* jsou obecně zobrazení přiřazující bodům jisté n -rozměrné diferencovatelné variety (nejjednodušším příkladem je n -rozměrný euklidovský topologický prostor $\mathbf{R}^n$, který je v našem příspěvku základem) skaláry, vektory, či tenzory.

4.1 Vektorová a tenzorová pole

Uvažujme tedy o n -rozměrném euklidovském topologickém prostoru $\mathbf{R}^n$ (v praxi nejčastěji $\mathbf{R}^3$). Do každého jeho bodu $x \in \mathbf{R}^n$, $x = (x^1, \dots, x^n)$, umístíme n -rozměrný vektorový prostor V_n . Pro naši potřebu jej rovnou opatříme skalárním součinem (pozitivně definitním metrickým tenzorem). Pracujeme tedy s prostorem E_n . Nazveme jej *tečný prostor k $\mathbf{R}^n$ v bodě x* a značíme $T_x \mathbf{R}^n$. Vektorovým polem na $\mathbf{R}^n$ nazveme zobrazení



Obr. 2 Tečný prostor (schematické znázornění), číslování obrázků navazuje na část 1.

<https://ccf.fzu.cz>

Keplerův Doplněk k optice Vitella

Vladimír Štefl

Ústav teoretické fyziky a astrofyziky, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37 Brno; stefl@physics.muni.cz

» Světlo je
nejskvělejší
věc v celém
světě... «
Johannes
Kepler

Za svého pobytu v Praze německý astronom Johannes Kepler (1571–1630) sepsal a v roce 1604 ve Frankfurtu nad Mohanem vydal spis s nenápadným názvem *Ad Vitellionem paralipomena, quibus Astronomiae pars optica traditur appellari* [1], česky *Doplněk k Vitellovi, v němž je vyložena optická část astronomie (paralipomena překládáme jako věci, které jsou doplňkem)*. V článku používáme zkrácený název *Doplněk k optice Vitella*, v českých překladech citací vycházíme z novodobého latinského vydání [2] a jeho anglického překladu [3]. Podle původního záměru Kepler chtěl pouze doplnit *Perspectivum*, spis polského učenice Erazma Ciolka Vitella (1230–1280), který ve 13. století shrnoval antické a středověké optické poznatky o světle a zraku. Autor podle německého astronoma některé otázky přehlédl a dostatečně neobjasnil, především problematiku odražejících a lomených paprsků. K pojetí výkladu měl rovněž výhrady, považoval za vhodnější nahradit axiomatické sdělování interpretací optických experimentů. Předpokládal, že v takové koncepci lze lépe prozkoumat podstatu světla. Některé názory Vitella, jako například věcně správné umístění příčin jevu scintilace hvězd do zemské atmosféry, našly u Keplera pochopení.

Kepler v [2] polemizoval s názory italského učenice Giambattisty Della Porty (1535–1615), jehož spis *Magia Naturalis* z r. 1589 obsahoval mimo jiné popis *cubiculum obscurum* – tmavé místnosti (kamery obskury) – a možností zlepšování jasnosti převráceného obrazu v ní. Porta v dalším díle *De Refractione* z r. 1593 analyzoval lom paprsků procházejících přes skleněnou kouli. Německý astronom v [2] podrobil analýze a kritice mylná stanoviska francouzského učenice Jeana Peny (1528–1560), který neuznával pohyb Země stejně jako heliocentrické uspořádání těles ve Sluneční soustavě či nesouhlasil s Koperníkovou kritikou teorie pohybu Měsíce egyptského astronoma Klaudia Ptolemaia (90–165).

Na výše uvedená středověká pojednání Kepler počátkem 17. století navazoval svým optickým spisem [2], který rozdělil do jedenácti kapitol:

1. O podstatě světla
2. O zobrazeních vytvářených světlem
3. O základech katoptriky a místě obrazu
4. O měření lomu
5. O prostředcích vidění
6. O proměnnosti světla hvězd

7. O stínu Země
8. O stínu Měsíce a denní tmě
9. O paralaxách
10. Optické základy pohybů nebeských těles
11. O pozorování průměrů Slunce a Měsíce a zatměních obou, dodržování zásad umění

Do prvních pěti kapitol Kepler umístil problémy podstaty světla, barev, odrazu a lomu, šíření světla skrze otvory, popisu lomu v různých prostředích, diskusí teorie vidění. Do dalších šesti kapitol zařadil astronomická pozorování světla a stínu. Autor určoval úhlové velikosti Slunce a Měsíce prostřednictvím studia jejich obrazů na stínítku kamery obskury při pozorování ekliptikálním přístrojem.

Dedikace

V dedikační poznámce císaři Rudolfovi II. se Kepler vyjádřil ke složitým geometrickým úvahám – mohl mít na mysli např. reálné a virtuální obrazy, slovy v [2]: „Ani jsem nenaplnil svou duši spekulacemi o abstraktní geometrii, tj. jak o věcech, které jsou, tak o věcech, které nejsou, což jsou téměř jediné věci, o nichž se nejslavnější geometři neshodnou...“

Neopomněl připomenout svému mecenáši vynaložené velké úsilí na sepsání díla: „Pokud je v této práci ještě něco, co by mi mělo dodat důvěru mluvit v přítomnosti Vašeho Veličenstva, pak je to nepochybně okolnost, že jsem vynaložil obrovské a lopotné množství práce na vysvětlení záležitostí, které ležely zanedbávány tolik věků...“

Úvod

V úvodu německý astronom vymezil význam části názvu svého spisu – *optická část astronomie* [2]: „Vzhledem k tomu, že astronomická pozorování probíhají prostřednictvím světla a vrhání stínů a že prostředí mezi hvězdami a okem se vyznačuje různými proměnnými účinky a že věci pozorované na obloze jsou buď pohyby, oblouky, nebo světelná tělesa, vzniká tak optická část astronomie.“

Slunce, Měsíc, hvězdy, jejich polohy a pohyby Kepler chápal jako prvky astronomie, které byly posuzovány opticky. Nejsou podle něho ničím jiným než obrazy nebeských těles, přenášené pomocí světla, vystihují jejich tvar, velikost a množství.

S uvedeným souvisí výstižný popis klíčového pozorování Měsíce a Slunce při zatmění a rozlišení jejich zdrojů světla [2]: „A tak velikost obrazu, který Měsíc

Jáchymov, smolinec, radium a paní Skłodowska-Curie

Konference k 100. výročí návštěvy madame Curie v Československu

Jan Valenta

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

Jediná návštěva madame Curie v Československu se uskutečnila právě před 100 lety. Toto výročí připomněla zdařilá konference v Jáchymově – v místě, kde radioaktivita (pod pečlivým dohledem odborníků) stále pomáhá lidem zlepšovat jejich zdraví.

Osobnost Marie Skłodowské-Curie (1867–1934)¹ patří k všeobecně nejznámějším vědkyním a vědcům; nejspíš ji můžeme zařadit mezi několik úplně nejznámějších velkánů, jako jsou Albert Einstein, Niels Bohr či Max Planck. Podivuhodný životní příběh této dvojnásobné nositelky Nobelovy ceny (za fyziku 1903 spolu s E. Becquerelem a P. Curie², za chemii 1911) – zejména příběh objevu prvků radia a polonia – byl zpracován v mnoha knihách [1, 2], filmech, divadel-

- ¹ Používáme zde jméno, tak jak je uváděno v polštině a francouzštině, i když česky se obvykle píše Curie-Skłodovská. Ve starší české literatuře se také často objevuje jméno Marya nebo Marja.
- ² V červnu 1903 obhájila doktorát a za půl roku si ve Stockholmu převzala první Nobelovu cenu ve věku 36 let.



Obr. 1 Marie a Pierre Curie ve své laboratoři roku 1904 u sestavy pro měření ionizačních proudů. Zdroj: Wikipedia Pozn. Jedná se o výřez fotografie. Na snímku otištěném např. v Běhouňkové knize je ještě vlevo G. Bémont, spolupracovník manželů Curieových. „Bémont byl šéfem chemických prací na těžké škole, kde přednášel Curie, a uvolil se ochotně býti jim nápomocen radou i činem.“ [8]



Obr. 2 „Uranová ruda jest nerost černý a lesklý jako smůla a podle toho získal i své jméno – smolinec.“ [5] Autor malby neznámý

ních hrách, komiksech atd. (včetně našeho časopisu [3]). Madame Curie je také, pochopitelně, velkým vzorem pro ženy aspirující na vědeckou životní dráhu.

To vše asi není třeba znovu připomínat. Zaměříme se proto jen na vztah M. Skłodowské-Curie k Čechům a popíšeme její jedinou oficiální návštěvu, která se uskutečnila právě před 100 lety – 14. až 18. června 1925 –, a podáme zprávu o konferenci v Jáchymově, věnované tomuto výročí.

Jak se utvářel vztah manželů Curieových k Jáchymovu a Čechům?

V roce 1897, když hledala Marie Curie téma pro svou disertační práci, padla volba na žhavou novinku: uranové paprsky (občas označované jako Becquerelovy paprsky), objevené Henrim Becquerelem roku 1896. Práce začala shromážděním souboru minerálů obsahujících uran s cílem změřit jejich radioaktivitu pomocí přesného piezoelektrického elektrometru, zkonstruovaného Pierrem Curie a jeho starším bratrem (obr. 1). Pokud by záření vycházelo jen z uranu, musela by být aktivi-

Nacistický Uranový spolek v historickém kontextu (1. díl)

Filip Grygar

Filozofická fakulta, Univerzita Pardubice, Studentská 84, 532 10 Pardubice; filip.grygar@upce.cz

Série článků shrnuje příběh vědců z uranového projektu v době (Třetí) Velkoněmecké říše s krycím pojmenováním *Uranový spolek* (*Uranverein*). Jeho členové si již na jaře 1939 vytyčili jasný cíl: sestrojit pro Říši jaderné reaktory a zbraně.

Úvod

Necelé tři měsíce po podepsání mnichovské dohody došlo před vánočními svátky 1938 v Berlíně v *Ústavu pro chemii Společnosti císaře Viléma pro podporu věd* (*Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften* – dále jen SCV), k otevření Pandořiny skříňky. V jednom vícekrát opakovaném experimentu s ozařováním vzorku uranu neutrony bylo překvapivě zjištěno, že se po neutronovém bombardování rozštěpilo jádro uranu (92 protonů) na dva mnohem lehčí odštěpky, tedy prvky: baryum (56) a krypton (36). Tento nečekaný objev vedl ke dvěma závěrům: Zaprvé popřel tehdejší chemicko-fyzikální předpoklady, podle nichž se mělo za to, že při rozpadu nebo přeměnách prvků může docházet ke změně počtu protonů v jádrech pouze postupně a současně maximálně o dvě jednotky. Zadruhé měl v politicky nestabilní Evropě fatální důsledek pro celé lidstvo.

Od počátku roku 1939 si fyzikálně-chemická komunita po celém světě začala uvědomovat dalekosáhlý dopad nového objevu. Během štěpení izotopu uranu-235 se uvolňuje přibližně dva a půl milionkrát více energie než při spalování ekvivalentního množství kvalitního uhlí (prvku uhlíku). Toto gigantické množství energie mohlo být využito nejen pro mírové účely, nýbrž také pro konstrukci nukleárních bomb, jejichž ničivý efekt by mnohonásobně převyšoval účinnost tehdejších nejpokročilejších konvenčních zbraní. V roce 1939 se takovéto představy pohybovaly pochopitelně v oblasti *science fiction*. Avšak po březnové okupaci a vzniku Protektorátu, z něhož bylo ihned zakázáno vyvážet uranovou rudu, a následně po vypuknutí druhé světové války a okupaci Belgie v roce 1940, v níž Němci zabrali přes tisíc tun uranové rudy, postihla západní spojenecké vědce panická hrůza z toho, že by se němečtí fyzici a chemici mohli nakonec pokusit nějaké jaderné zbraně pro hitlerovské Německo vyrobit.

Záměrem tohoto článku je na základě poslední literatury shrnout v interdisciplinárních souvislostech příběh vědců z uranového projektu v době Třetí říše – od roku 1942 oficiálně Velkoněmecké říše – pod krycím pojmenováním *Uranový spolek* (*Uranverein*). Jeho členové si již na jaře 1939 vytyčili jasný cíl: Sestrojit



Obr. 1 Oproti německým vědcům mnoho těch spojeneckých mělo špatné svědomí po celý život, a to včetně Bohra. Nejpeprněji to asi vyjádřil Kenneth Bainbridge (1904–1996), nukleární fyzik, když 16. července 1945 bezprostředně po úspěšném testu (nazývaném *Trinity*) první plutoniové pumy v Novém Mexiku Robertu Oppenheimerovi (1904–1967) řekl: „*Ted' jsme všichni zkurvenci.*“ [46]. Na snímku jsou generál L. Groves a R. Oppenheimer na místě pokusného výbuchu Test Ground Zero.

jaderné zbraně a reaktory, což v německém názvosloví byl uranový stroj (*Uranmaschine*). Jak dnes víme, nejen že se jim nepodařilo sestrojit atomové bomby, ale také ani jeden funkční jaderný reaktor. Němci na něm pracovali s nejvyšší prioritou a nasazením až do poslední chvíle na jihu Německa v Heigerlochu poté, co museli v roce 1944 přestěhovat svá pracoviště – obzvláště z rozbombardovaného Berlína a Lipska. Dodnes zůstává předmětem žhavých odborných i laických debat, proč nacistický uranový výzkum propastně zaostal za *Projektem Manhattan* (*The Manhattan Project: The Manhattan Engineer District*) – jak z hlediska teore-



120 let měření na observatoři Milešovka

Petr Zacharov¹, Jana Žďárská²

¹Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Boční II 1401/1a, 141 31 Praha 4; petas@ufa.cas.cz

²Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 2, 182 00 Praha 8; zdarskaj@fzu.cz

Královna Českého středohoří, Hromová hora, Milešovka – tahle hora se spoustou jmen přitahuje už dávno pozornost lidí svojí jedinečností a krásou. Před 120 lety přitáhla i meteorology a od té doby se zde nepřetržitě měří také počasí. A protože je vrchol blízko oblaků a často i přímo v oblačnosti, probíhají zde i unikátní měření oblačnosti.

Vyjít na kopec a rozhlédnout se do kraje. Stoupat výš a výš a každým krokem poztrácet pár starostí, které člověka tam nížko u země nějak více tíží. Očima pohladit krajinu protkanou korálky vesniček a měst. Sledovat stužky řek a vnímat vznešenost oblaků, tiše plynoucích nad tím pozemským světem. Vystoupat na jednu z hor a pohlédnout na svět trochu z výšky...

Hora Milešovka se tyčí uprostřed Českého středohoří, kde se svou nadmořskou výškou 837 m a místy i 400metrovým převýšením dominuje okolní krajině.



Obr. 1 Observatoř Milešovka krátce po vybudování, ještě bez fasády. Vzhledem k vysokohorským podmínkám ovšem zdi rychle degradovaly a po krátké době musela být observatoř opatřena omítkou.



Obr. 2 Observatoř Milešovka před 2. světovou válkou, prostranství před budovou je budoucí meteorologická zahrádka – tehdy se ovšem měřilo v meteorologické budce umístěné na budově v patře. Během války se budka přesunula na stávající pozici na meteorologické zahrádce.

I když připomíná sopku, jde vlastně jen o zbytek přírodního kanálu lávy, tzv. *lakolit*, který se nacházel hluboko pod bývalou třetihorní sopkou. Ta už je dávno na dně moří a eroze odhalila tento tvrdý nepoddajný zbytek přírodního kanálu, který se v dávných dobách protlačoval vyššími vrstvami země.

Už v 19. století byl na Milešovce čilý provoz. Na počátku století horu několikrát navštívil proslulý přírodovědec Alexander von Humboldt, dokonce i v doprovodu pruského krále Friedricha Wilhelma III. Slavný vědec a cestovatel označil výhled z Milešovky jako třetí nejkrásnější, jaký kdy ve světě viděl. Hezčí výhledy prý snad zažil při svých výpravách někde u pramenů Orinoka. Na začátku stejného století vybudoval podnikavý hostinský Anton Weber z Velemína na vrcholu hospůdku, taneční parket a malou rozhlednu. Život na Milešovce byl tedy pestrý ještě dlouho před založením observatoře.

Na přelomu století se zjistilo, že existuje už dost meteorologických stanic v údolích, dokonce i na vysokých horách. Například na švýcarské hoře Säntis (2 500 m n. m.) se začalo v přístřešku měřit v roce 1882 a na stanici od roku 1887, na rakouské hoře Sonnblick (3 106 m n. m.) se začalo měřit v roce 1886. Ve středních nadmořských výškách tolik stanic ovšem nebylo. Horský spo-

Oslavy sedmdesáti let od založení Ústavu jaderné fyziky AV ČR



Filip Krížek

Ústav jaderné fyziky AV ČR, Husinec-Řež 130, 250 68 Řež; krizek@ujf.cas.cz

Před 70 lety byl vládním nařízením z 10. června 1955 založen *Ústav jaderné fyziky* jako samostatná rozpočtová organizace mimo strukturu ČSAV (tam byl ústav začleněn již roku 1956). Ředitelem se stal Čestmír Šimáně a do ústavu přešla většina jaderného výzkumu z Fyzikálního ústavu, kromě oddělení vysokých energií.

Dne 10. 6. 2025 jsme si v konferenčním centru Ústavu jaderného výzkumu v Řeži připomněli sedmdesáté výročí založení Ústavu jaderné fyziky AV ČR (ÚJF). Oslavy proběhly za účasti předsedy AV ČR prof. RNDr. Radomíra Pánka, Ph.D., zástupců spolupracujících českých institucí a řady dalších významných hostů. V úvodním projevu ředitel ÚJF Ing. Ondřej Svoboda, Ph.D., připomněl dlouhou a bohatou historii tohoto pracoviště. Ústav byl zřízen nařízením vlády dne 10. 6. 1955 pod názvem *Ústav jaderné fyziky*. Jako vhodná lokalita pro jeho vybudování byla vybrána říční terasa v malebném údolí Vltavy v obci Řež severně od Prahy. V roce 1972 byl ústav rozdělen na Ústav jaderného výzkumu, zabývající se převážně aplikovaným výzkumem v oblasti jaderné energetiky, a Ústav jaderné fyziky ČSAV, který se věnoval základnímu výzkumu. V roce 1979 bylo z ÚJF vyděleno oddělení nízkých teplot, které přešlo do Fyzikálního ústavu ČSAV. Naopak byl roku 1994 k ÚJF připojen bývalý Ústav dozimetrie záření AV ČR a Laboratoř neutronové aktivační analýzy Českého ekologického ústavu. Od roku 2007 je ústav veřejnou výzkumnou institucí. Ing. Svoboda také připomněl, že roku 2002 postihla ústav katastrofální povodeň, která



Obr. 1 Atomový hmotnostní spektrograf MILEA v ÚJF AV ČR. Zdroj: [2]



Obr. 2 Slavnostní sympóziu k 70. výročí založení ÚJF. Foto: David Šebek

zaplavila spodní části budov a způsobila značné škody na infrastruktuře. Z této krize se ovšem ÚJF vzpamatoval a získal impuls k obměně řady zařízení.

V následných projevech prof. Pánek a zástupci spolupracujících univerzit ocenili jedinečné postavení ÚJF v rámci jaderného výzkumu v ČR a vyzdvihli jeho roli jako školicího pracoviště pro diplomanty a doktorandy. Následoval příspěvek prof. RNDr. Anny Mackové, Ph.D., která shrnula bohatou šíři oborů, jež se v ÚJF pěstují v současnosti. Výzkum prováděný v ÚJF je zaměřen především na experimentální a teoretickou jadernou fyziku a pokrývá také některé příbuzné obory aplikovaného výzkumu, jako jsou např. vývoj radiofarmak, studium pevných látek a materiálů či dozimetrie ionizujícího záření. Ústav disponuje řadou experimentálních zařízení pro jaderné analytické metody, které stanovují prvkové složení vzorků ozařováním svazky nabitých částic nebo neutronů. Díky tomu má ÚJF širokou interdisciplinární spolupráci v oblasti výzkumu materiálů, environmentálních věd, energetiky, medicíny či archeologie. Nejvýznamnějšími experimentálními zaří-

Gama astronomie

Jana Žďárská

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

Gama astronomie se zabývá studiem gama záření z vesmíru, které má vlnové délky zhruba statisíkrát menší než viditelné světlo a vzniká v extrémních prostředích vesmíru, například v okolí černých děr. Zemská atmosféra je navíc pro gama fotony neprůhledná. O tom, jakým způsobem lze gama záření pozorovat, jsme hovořili s Mgr. Ing. Jakubem Juryškem, Ph.D., z Fyzikálního ústavu AV ČR.

Gama astronomie staví na výsledcích široké škály dalších vědních oborů. Gama fotony ve vesmíru vznikají při interakcích částic, urychlených na velmi vysoké energie, s okolní hmotou či s magnetickými poli. „Částicová fyzika nám říká, jak přesně k těmto interakcím dochází a jaké další částice jsou při nich produkovány. Astrofyzika pak tyto elementární obrázky skládá do širších celků a umožňuje nám pochopit, jak přesně vypadají ony astrofyzikální objekty, které gama záření vyzařují – například okolí černých děr či rázové vlny v okolí supernov. Astronomie se potom zabývá observačními aspekty a metodami zpracování dat, které je ovšem také provázáno s astroinformatikou,“ vysvětluje Jakub Juryšek. „Ta nám dává nástroje pro správu velkých datových objemů, které na denní bázi produkují všechny velké observatoře. Role částicové fyziky je zároveň důležitá při vývoji detekčních metod pro gama astronomii, protože jak částicové detektory v urychlovačích či velké experimenty na detekci částic kosmického záření, tak také experimenty detekující kosmické gama fotony využívají podobné detekční techniky.

Pozorováním kosmických objektů v gama oboru vědci usilovně pátrají po odpovědích na mnoho klíčových astrofyzikálních otázek. „Já konkrétně bych rád přispěl k objasnění jednoho z největších otazníků astročásticové fyziky, kterým je bezpochyby původ galaktického kosmického záření, jež je tvořeno zejména protony urychlenými na velmi vysoké energie,“ připomíná Jakub Juryšek.

Těmito částicemi je naše Galaxie doslova prostoupena a v každém okamžiku bombardují naši planetu ze všech různých směrů. Trajektorie těchto nabitých



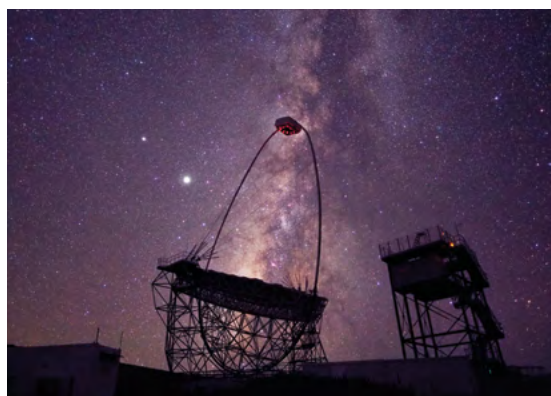
Obr. 2 Dalekohled LST-1 s meteorem v pozadí. Foto: Tomohiro Inada

částic se stáčí v magnetických polích Galaxie, a proto není snadné určit, odkud k nám přesně přiletěly. Emise gama fotonů a mechanismy urychlování nabitých částic jsou spolu úzce provázány. Proto vědci studiem astrofyzikálních procesů vyzařujících gama fotony, které na rozdíl od nabitých částic nejsou ovlivněny magnetickým polem, mohou nalézt právě potenciální zdroje nabitých částic kosmického záření. Pro tento účel jsou nejzajímavější fotony těch nejvyšších energií nad 100 TeV, jejichž detekce má svá zajímavá specifika.

Na rozdíl od fotonů viditelného světla, které je na Zemi možné pozorovat klasickými dalekohledy, fotony záření gama se až k zemskému povrchu většinou nedostanou a jsou absorbovány zemskou atmosférou. Jednou z možností, jak je tedy detekovat, je vypuštění satelitu na oběžnou dráhu Země mimo naši atmosféru.

V současné době je v provozu jednak družice Swift, nesoucí experiment BAT, který slouží ke včasné detekci záblesků gama a následnému informování dalších observatoří pro nalezení protějšků na ostatních vlnových délkách. Další významnou družicí je Fermi, která nese gama dalekohled LAT, jenž skenuje celou oblohu v přehlídkovém režimu. „S družicemi si vystačíme pro pozorování gama fotonů zhruba do 100 GeV. Na vyšších energiích je tok gama fotonů pro typické astrofyzikální zdroje příliš nízký a detekční objem družic je příliš malý na to, abychom byli schopni nasbírat dostatečnou statistiku v rozumně krátkém čase,“ dodává Jakub Juryšek.

A právě proto přicházejí na pomoc metody pozemní detekce, jimiž se zabývá oddělení astročásticové fyziky na Fyzikálním ústavu AV ČR. K pozorování gama fotonů s energiemi nad několik desítek GeV jsou v rámci



Obr. 1 Dalekohled LST-1 v průběhu pozorování s Mléčnou dráhou v pozadí. Foto: Moritz Huetten

3x M – materiálový výzkum, mateřství a mysterium přírody

Jana Žďárská

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

Materiály, v nichž kolektivní kvantové jevy řídí makroskopické chování – od nekonvenční supravodivosti po exotické magnetické či topologické stavy –, otevírají cestu k průlomovým technologiím, jako jsou kvantové počítače či energeticky úsporná elektronika. V objemových materiálech se tyto kvantové fáze často objevují spontánně pod kritickou teplotou, nebo je možné je dále ovlivňovat vnějším tlakem, polem či chemickým složením. V tenkých vrstvách však lze podobného fázového přeladění dosáhnout s atomární přesností prostřednictvím epitaxního napětí a tzv. inženýrství rozhraní. Mgr. Evgenia Chitrova, Ph.D., z Fyzikálního ústavu AV ČR tyto strategie využívá jak k fundamentálnímu výzkumu kvantových systémů, tak k návrhu nových materiálů pro energetické aplikace.

Sekce fyziky kondenzovaných látek, ve které Evgenia Chitrova působí, se zabývá teoretickým a experimentálním studiem vlastností materiálů, především mechanických, magnetických, dielektrických, optických, elektronických a transportních – ve vztahu k jejich krystalové a elektronové struktuře.

Jedním z klíčů k porozumění těmto vlastnostem, a tím i k návrhu nových funkčních materiálů, je pochopení toho, jak se tyto vlastnosti mění v důsledku fázových přechodů mezi různými stavy. Ty mohou být vyvolány změnami teploty, tlaku, magnetického nebo elektrického pole či složení materiálu a často vedou ke vzniku kolektivních jevů, jako je supravodivost, spontánní magnetické uspořádání nebo ferroelektricitá.

V systémech se silnými elektronovými korelacemi se navíc objevují i exotické kvantové fáze s netriviálními

vlastnostmi, jako jsou těžkofermionové systémy, Mottovy izolátory nebo kondovské systémy – a materiály se skrytým či multipólovým uspořádáním. „*Mysterium přírody se v těchto materiálech projevuje v plné síle*“, shrnuje Evgenia Chitrova. A právě na takové systémy se zaměřuje výzkumná skupina fyziky aktinoidů a vzácných zemin pod jejím vedením a studuje kvantové materiály s f-elektrony od objemových sloučenin až po tenké vrstvy, a to jak z hlediska fundamentálních jevů, tak s ohledem na jejich aplikační potenciál.

„*Jedním z aktuálních projektů mé skupiny je příprava a studium tenkých vrstev nekonvenčních supravodičů, jako je UTe_2 a jemu příbuzných materiálů, jako je například UGe_2* “, objasňuje Evgenia Chitrova. „*Tyto spin-tripletové supravodiče odolávají extrémně vysokým magnetickým polím – v případě UTe_2 , až 60 T! – a zároveň představují slibné prostředí pro vznik Majoranových fermionů, hypotetických kvazičástic, které by mohly tvořit základ kvantových počítačů chráněných proti dekoherenci*.“

Zatímco většina laboratoří studuje tyto materiály jako monokrystaly, tým Evgenie Chitrové se soustředí na tenké vrstvy. „*Díky volbě substrátu a řízenému napětí lze přesně ladit, zda se daná vrstva chová jako supravodivá, magnetická, nebo obojí. Nejde jen o trend miniaturizace – v nízkorozměrných systémech se kvantové jevy často projevují daleko výrazněji než v objemových sloučeninách*“, vysvětluje Evgenia Chitrova.

Zmiňovaná výzkumná skupina se však nezaměřuje pouze na supravodiče. Studuje široké spektrum f-elektronových systémů – sloučeniny vzácných zemin (4f) a aktinoidů (5f), které vykazují mimořádné vlastnosti díky silným spin-orbitálním interakcím. Tyto vlastnosti je předurčují pro použití v široké škále aplikací, od permanentních magnetů s rekordními parametry přes magnetické paměti, magnetokalorické materiály pro energeticky úsporné chlazení až po uranové slitiny pro pokročilá jaderná paliva. Zajímavou oblastí je také



Obr. 1 Evgenia Chitrova při experimentu v JRC Karlsruhe, kde probíhá výzkum aktinoidových materiálů.

Cumulonimbus – oblak známý i neznámý

Díl devátý – Kde leží duha 2



Petr Zacharov¹, Jana Žďárská²

¹Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Boční II 1401/1a, 141 31 Praha 4; petas@ufa.cas.cz

²Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 2, 182 00 Praha 8; zdarskaj@fzu.cz

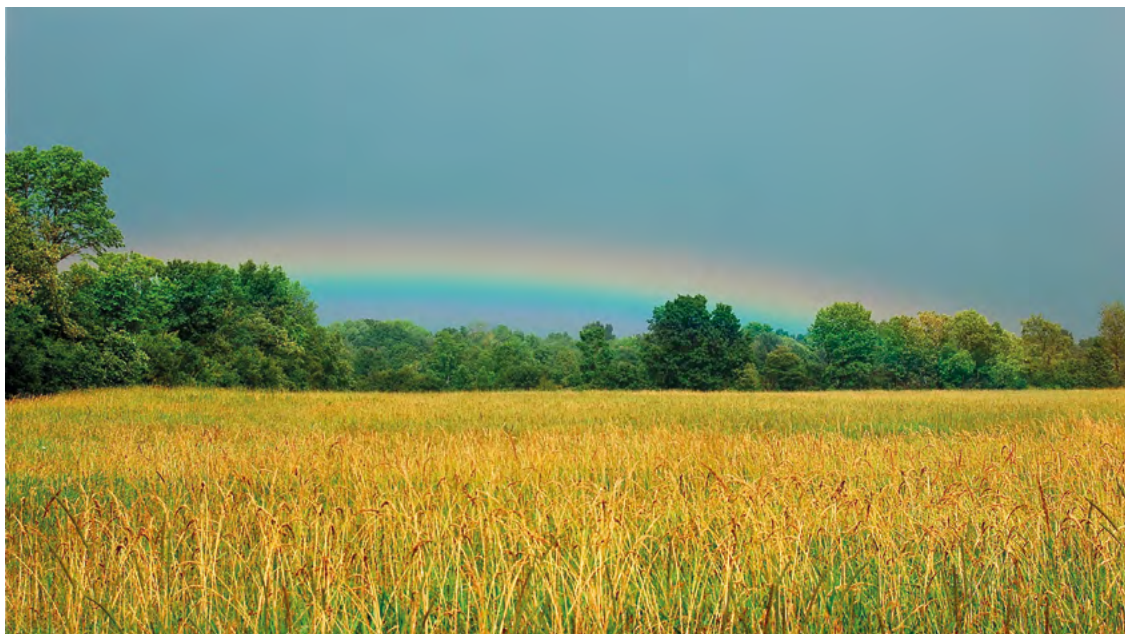
Duha není jenom dvojice oblouků, ale má také řadu dalších zajímavých vlastností. Některé duhy jsou vysoké, některé nízké, některé se sytými barvami a jiné rozpité, ale existují také červené duhy nebo dokonce i měsíční duha.

V minulém díle jsme nechali kapičky deště, aby nám do očí poslaly duhu. Tím však s duhou skončit nemůžeme, protože najdeme spoustu krásných vlastností, kterých jste si možná nevšimli, nebo všimli, ale stojí za připomenutí.

Při zmínce o duze se nám nejčastěji vybaví vysoký barevný oblouk. Téměř úplný půlkruh můžeme pozorovat, když je Slunce těsně nad obzorem. Pomyslný paprsek, který ze Slunce vychází, proniká hlavou pozorovatele a končí na druhé straně oblohy (která je ovšem pro pozorovatele stojícího na zemi zakryta zemí) v tzv. antisolárním bodě – ten je vůči pozorovateli na druhé straně oblohy, než je Slunce. Tento bod je středem oblouku duhy. V okamžiku, kdy Slunce stoupá po obloze,

se antisolární bod zanořuje pod obzor a výška duhy se zmenšuje. A vystoupá-li Slunce přes 40°, neuvidíme z duhy už téměř nic (obr. 1). Kužel světla, o kterém jsme mluvili v minulém dílu, má totiž osu právě na popsaném paprsku. A když je Slunce příliš vysoko, letí všechno světlo z kapiček i těsně nad povrchem země nad pozorovatele. To se v létě stává běžně také v ČR, takže v červnu v poledne u nás duhu prostě neuvidíte (obr. 2). Pokud byste ale byli na horách, v letadle nebo v balóně, viděli byste i světlo z kapiček hluboko pod vámi. Mohli byste tak duhu nebo dokonce celý kruh duhy spatřit i v poledne (obr. 3).

Pokud tedy budete chtít vidět pěknou duhu, tak nejlépe v létě odpoledne, protože letní přeháňky jsou



Obr. 1 Duha nízko nad obzorem vzniká při poloze Slunce naopak vysoko nad obzorem. Autor: Patti Witten, swaytothis, flickr.
com. <https://www.flickr.com/photos/pattiwitten/13194803223/>

Výzkum sluneční koróny

Rozhovor s Elenou Dzifčákovou, držitelkou Nušlovy ceny za celoživotní výzkum Slunce

Elena Dzifčáková¹, Jana Žďárská²

¹ Astronomický ústav AV ČR, Fričova 298, 251 65 Ondřejov; elena.dzifcakova@asu.cas.cz

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

O astronomii se zajímala již od dětství. Na střední škole se rozhodovala mezi „třemi A“, tedy třemi směry, z nichž každý zcela překvapivě začínal na „A“. Zvítězila u ní astronomie, ale cesta za astronomickým snem nebyla snadná – to když na tento obor nebyla přijata. Přesto se k astronomii dostala a v průběhu své vědecké práce zjistila, že v důsledku přítomnosti urychlených částic dojde k významným změnám teplotního rozsahu formování jednotlivých iontů ve sluneční koróně. K výpočtu samotných spekter a intenzit jednotlivých čar vyvinula dosud platné obecné metody výpočtu excitačních a deexcitačních srážkových rychlostí pro nemaxwellovské distribuce. Za svůj celoživotní přínos k výzkumu fyziky sluneční koróny obdržela v roce 2024 nejvyšší astronomické ocenění v České republice – Nušlovu cenu. O výzkumu sluneční koróny jsme hovořili s doc. RNDr. Elenou Dzifčákovou, DSc., významnou astronomkou a jednou z mála žen, které byly touto cenou vyznamenány.

Jana Žďárská: *Ve své vědecké práci se zabýváte modelováním optických spekter sluneční koróny, jeho přechodové oblasti a erupcí vznikajících v nerovnovážných podmínkách, charakterizovaných přítomností urychlených částic. Lze z této široké oblasti vybrat to, čeho si na svém výzkumu nejvíce ceníte?*

Elena Dzifčáková: To, že som aspoň časť slnečných fyzikův presvedčila, že je potrebné uvažovať v koróne a prechodovej oblasti Slnka aj efekty urychlených elektrónov, ktoré môžu vznikáť pri ohreve koróny.

■ **JŽ:** *Vaše vytrvalá vedecká činnosť je vysoce oceňovaná. Hovorí o tom i vaše najnovšie ocenenie, ktorým je Nušlova cena¹ za astronomiu. Co vás ve vaší vědecké práci nejvíce zajímá a těší?*

EDz: Zaujímá ma objavovať niečo nové, niečo, čo môže prispieť k nášmu chápaniu fyzikálnych procesov v atmosfére Slnka. Som zvedavá, ako to tam funguje. Vedec musí byť zvedavý, a to nielen vo svojej práci. Aj v živote. Samozrejme, najviac ma tešia nové vedecké výsledky. Ale mám aj veľkú vnútornú radosť a vďačnosť z toho, že môžem robiť to, čo ma baví. Nie každý má v živote takúto možnosť.

■ **JŽ:** *Nušlova cena je pro astronoma nejvyšší ocenění, jakého může v České republice dosáhnout. Vy jste jej obdržela za celoživotní přínos k výzkumu fyziky sluneční koróny. Co pro vás toto ocenění znamená?*

EDz: Velmi sa teším, že som dostala Nušlovu cenu. Stačí sa pozrieť na zoznam laureátov – sú tam mená



Obr. 1 Oslava čtvrtých narozenin a pohled oslavenkyně do dálky – možná až tam, kde na své orbitě „trůní“ Slunce, které se jí později stane vědeckým osudem.

ľudí, ktorých som si celý život veľmi vážila. Je to také pohladenie po duši. Ďakujem Českej astronomickej spoločnosti za ocenenie mojej celoživotnej práce.

■ **JŽ:** *Pokud nahlédneme do seznamu jmen laureátů této ceny, nalezneme tam velmi málo oceněných žen a po roce 1989 jste dokonce jediná. Jak vnímáte toto významné ocenění i v této souvislosti?*

EDz: Myslím, že je to odrazom faktu, že v minulosti sa astronómii venovalo len málo žien. Ale astronómov

1 J. Žďárská: Den s Astropisem. Čs. čas. fyz. 75, 59–60 (2025).



HVĚZDÁRIUM 2025

Děkujeme za vaši účast!

Foto: David Malík

Žebrák
Hvězdárna

Abstracts of selected articles

Pavel Kroupa, Eda Gjergo:

Early Galaxies Contribute to the “Afterglow” of the Universe

The Cosmic Microwave Background (CMB) forms the foundation of modern cosmology and supports the hot Big Bang model. Before observations with the James-Webb-Space Telescope (JWST) were available, it had been corrected for foreground sources leading to a map of fluctuations at the level of one in a hundred thousand, which are understood to be the seeds for the formation of structure and galaxies in the Universe, as formulated through the dark-matter-based standard model of cosmology. Here we show that elliptical galaxies constitute a significant foreground, which has not been considered. The observed properties of elliptical galaxies, which today are the most massive and brightest galaxies, inform astronomers that they formed within less than a Gyr and have a very high redshift, probably in the range of 15 to 20. As with any star-burst galaxy they are shrouded in dust and are largely hidden from view, but when they were forming they were ten thousand times brighter than today. This immense luminosity was generated by nuclear fusion in the stars needed to synthesise the Solar and super-Solar metal abundances observed in present day elliptical galaxies. We calculate that their combined emission amounts to at least 1.4%, and probably all, of the observed CMB photon energy density. Indeed, every star-forming galaxy emits mainly at 0.1 mm, such that the emission of elliptical galaxies is today observed to be at the CMB maximum, close to 1.9 mm. This foreground has not been recognised as the standard model of cosmology does not allow rapid formation of massive galaxies at such high redshifts. JWST observations inform us that massive galaxies were forming at redshifts larger than 10, supporting our findings. Our results show that not accounting for this elliptical-galaxy-induced foreground has a major impact on the interpretation of the physical origin of the observed CMB.

Jan Valenta, Stanislav Daniš, Anna Fučíková:

The Mystery of the Luminous Underground Investigation of Historical Persistently Luminescent Materials

Persistently luminescent substances were the first luminophores (incorrectly called phosphors) that man managed to create at least 400 years ago, with their industrial production beginning about 100 years ago. In this article, we will describe which materials were used for phosphors at that time. In particular, we will focus on the World War II period. Here we present our recently published study on the analysis of luminescent paints preserved in the casemates of the Brno Castle/ Fortress Špilberk. The structural and optical properties of the luminous painting are compared with contemporary luminophores preserved in our department (used for lectures by Prof. B. Gudden) and with modern materials (LumiNova).

Zdeňka Koupilová: Understanding the Basics of Quantum Physics Without Advanced Maths II

This paper continues from the first, where I focused on how objects in the micro-world behave in completely different ways than we are used to in our everyday lives. This strangeness, described by quantum physics, can be difficult to accept and even harder to discuss, as we often lack not only the right words, but also the proper ideas. In this part, I will focus on selected examples of

this unusual behaviour and its consequences, such as superposition principle, quantum measurements and its probabilistic, quantum entanglement etc.

Petr Bulušek, Pavla Musilová, Jana Musilová:

Hodge operator and its practical use, part II

The second part of this article is devoted to analytical applications of this important algebraic concept. It focuses on the use of the Hodge operator in analytical calculations in general curvilinear coordinates and shows the possibility of a concise and elegant notation of physical equations. The introduction to this part is devoted to the analytical basis, the issue of differential forms (antisymmetric tensor fields). This article covers the fields of university mathematical and physical education. (Part 1: Algebraic basis – see [1].)

Vladimír Štefl: Kepler’s Supplement to Vitella optics

Johannes Kepler was not only an astronomer and mathematician, but also an optician. Astronomical interests motivated Kepler’s optical studies. In 1604 he published a work titled Supplement to Vitella optics, one of the most important papers of modern optics. Among other things Kepler described the invention of an optical ecliptic instrument with a pinhole for determination of the apparent diameter of the Sun during solar eclipse. Much of his work was dedicated to searching for the correct form of the law of refraction of light.

Jan Valenta:

Jachymov, pitchblende, radium and Maria Skłodowska-Curie Conference on the 100th anniversary of Maria Curie’s visit to Czechoslovakia

Maria Curie’s only visit to Czechoslovakia took place exactly 100 years ago. This anniversary was commemorated by a conference in Jachymov, the place where she obtained a large amount of pitchblende, in which she found two new radioactive elements, polonium and radium. Her five-day visit took place at the official invitation of the government and was widely covered by the media. Testimonies from several close participants illustrate Maria Curie’s interests and character. During the trip she was accompanied by the Czech radiologist František Běhounek, who studied with her, and later, thanks to her, participated in Umberto Nobile’s expedition to the North Pole, in the Italia airship in 1928, to investigate cosmic radiation. On the way, fortunately, he survived being shipwrecked and became the founder of Czechoslovak radiology and a famous writer. Although mining is no longer taking place in Jachymov, some shafts, which are about 500 years old, are maintained to supply the spa with radioactive water. Here, radioactivity, under the careful supervision of experts, continues to help people improve their health.

Filip Grygar: The Nazi Uranium Club in Historical Context (Part 1)

This article is the first in a series devoted to the Nazi uranium project, known as the Uranium Club, which aimed to construct a nuclear reactor and develop atomic weapons. This opening instalment summarizes the development of uranium research in the Third Reich, from the discovery of nuclear fission in Berlin in December 1938 to the failed attempts to build a single functional reactor. The text also critically challenges the postwar legend of the “moral restraint and innocence” of German scientists who allegedly refused, on purpose, to provide Hitler with nuclear weapons.



**Energetická
olympiáda**

Vzdělávací soutěž pro studenty středních škol a gymnázií

ROZTOČ TO S 50 TÁCAMA!

Třeba nová kytara?
Splň si sen!

Přihlas tým,
vyhraj 50 000 Kč
a běž na vysokou
bez přijímaček



Školní kolo
17.10.2025



Finále
6–7.11.2025

Na Energetické olympiádě **jde o kreativitu** a schopnost nalézat **inovativní řešení**. Nejde o rychlost či paměť na vzorečky a definice, ani není potřeba se speciálně připravovat. **Stačí mít chuť** prozkoumávat informace, použít je chytře, zpracovat zadání a odprezentovat své výsledky. **Každý nápad se počítá!**

Investuj svoji energii a vyhraj 50 000 Kč na cokoliv!

energetickaolympiada

enol.cz

Energetická olympiáda

Generální partner:



Odborný garant:



Mediální partner:



Pod záštitou Ministerstva školství
mládeže a tělovýchovy

