

5 / 2025  
SVAZEK 75

# ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS **PRO FYZIKU**<sup>®</sup>



POLÁRNÍ ČEPIČKY MĚSÍCE • FOTOVOLTAIKA S ÚČINNOSTÍ  $>30\%$  • BLESKY •  
• NOBELOVA CENA ZA FYZIKU 2024 • MINERALOGICKÁ KRYSTALOGRAFIE •  
VERSUCHSANSTALT WAFFEN-UNION 1943–45 • ÚSTAV FYZIKY MATERIÁLŮ •



# ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU 5/2025

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: říjen 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 Bielčík, 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 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 © 2025 Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.

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



## Úvodník

### Vědci v soukolí velkých dějin

Nedávno uběhlo 80 let od konce světové války, kterou dělilo jen nějakých dvacet let od Velké války. Po ní si lidé mysleli, že už se taková hrůza nemůže opakovat. Ale ono se to opakovalo v ještě strašnější podobě. I dnes doufáme, že už nikdy nemůže k ničemu takovému dojít. Doufat však nestačí! Měli bychom znát historii a pokusit se vyvarovat přehlížení varovných signálů a opakování zásadních chyb. Proto jsme se rozhodli také v našem časopise připomenout výročí konce 2. světové války sérií článků o prolnutí vývoje fyzikálních věd a běhu dějin lidstva. Jde především o výzkum jaderného štěpení a vývoj strašlivých zbraní na něm založených. Otázka neuspěchu německého vývoje jaderných zbraní stále poutá pozornost. V tomto čísle pak pojednáváme o válečném výzkumném ústavu *Versuchsanstalt Waffen-Union* (VA WU), který naše zbrojní podniky budovaly v prostorách uzavřené *Vysoké školy báňské* v Příbrami v letech 1943–45.

VA WU je prakticky zapomenutou epizodou protektorátní historie. I já jsem neměl o jeho existenci tušení až do doby, kdy jsem před pár lety pracoval na prehistorii dnešního *Fyzikálního ústavu* (FZU) AV ČR. Dějinné linky VA WU a FZU se totiž protnulily díky tomu, že nejstarším základním kamenem FZU byl *Fyzikální výzkum Škodových závodů* (FV ŠZ), založený roku 1934 na základě iniciativy Ing. Havlíčka a financí Škodovky pod dohledem prof. Dolejška na půdě Univerzity Karlovy.<sup>2</sup> FV ŠZ byl během německé okupace postupně stále více zatažen do vojenského výzkumu, což vyvrcholilo vznikem VA WU. Při mém bádání jsem našel dost zajímavých zdrojů v několika archivech, takže jsem se mohl pokusit dějiny VA WU popsat.<sup>3</sup>

Archivní listiny jsou ovšem většinou jen úřední dokumenty, které málo vypovídají o skutečné atmosféře a denní realitě fungování ústavu, natož o životě jeho zaměstnanců. „Neživější“ bývají různé stížnosti, udání a vyšetřování – pochopitelně zatížené osobními zájmy aktérů. Je nutné skládat mozaiku historie opatrně z jednotlivých kamínků a mezery mezi nimi domýšlet bez přílišného fantazírování. Historici na to mají své metody – já jako amatér se snažím vžít do situace příslušné doby, v tomto případě protektorátu Böhmen und Mähren.

Jaká tedy byla doba let 1943 až 1945, kdy příbramský ústav vznikl? Myslím, že byla především prodchnuta strachem a starostmi o každodenní živobytí. Heydrichiáda s množstvím oznámení o popravách přešla, ale gestapo stále pokračovalo



v účinné likvidaci skutečného i domnělého odboje – nikdo si nebyl jist, že se nemůže stát terčem jejich zájmu. K tomu postupně narůstaly problémy s každodenním fungováním rodin: potíže zásobovací, dopravní i zaměstnanecké. Byla zavedena pracovní povinnost a narůstala pracovní doba, která se dostala až na 72 hodin týdně (6 × 12 hodin!). Mnohým hrozilo pracovní nasazení do Říše, která nedokázala doplňovat chybějící pracovní síly pro válečný průmysl. Koncem války se potíže zhoršovaly a k tomu přibýly časté letecké poplachy, útoky hloubkových letců na dopravní prostředky apod.

Jak se tehdy mohl cítit zaměstnanec FV ŠZ, který byl přinucen k přesunu z Prahy do Příbrami, pod přímý vliv Němců – generálního ředitele WA Dr. W. Vosse a vědeckého vedoucího VA Ing. R. Engela –, kteří výzkum stále více orientovali podle požadavků německých válečných ministerstev? Vědci a technici FV ŠZ se najednou dostali do nepříjemné situace. Co mohli dělat? Plnit požadavky vedení, což by znamenalo jasnou kolaboraci s okupanty? Opustit své zaslíbené místo ve výzkumu a odejít na méně kvalifikované místo s mnoha nejistotami? Sabotovat práci pro Němce naplno a vejít do konfliktu s nadřízenými i s represivními složkami? Či se zapojit do reálného odboje s velkým rizikem nejen pro sebe, ale i pro celou rodinu a spolupracovníky? Jaké řešení byste volili vy?

Mně z toho vychází jako nejlepší řešení to, které zřejmě volili tehdejší členové FV ŠZ: zdržovací taktika. Ta spočívala ve velmi pečlivé, a tedy pomalé práci na zadáných úkolech, nacházení různých důvodů ke zdržení atd. Ono to nakonec stačilo, protože se nestihlo ústav VA WU pořádně dokončit a v půlroce před pádem Berlína už nastaly velké problémy se zásobováním materiálem atd. Při poválečném vyšetřování tak mohla většina zaměstnanců VA WU tvrdit, že „sabotovali“. Měli totiž štěstí, že se reálně nepodařilo dotáhnout nic, co by výrazně Němcům pomohlo. Vyšetřováno bylo jen pár jedinců, kteří některým spolupracovníkům připadali jako příliš horliví, ale postih byl jen symbolický. Tedy všichni mohli pokračovat ve své práci. Ale blížil se další totalitní režim, který na mnohé dopadl podstatně hůře.

Dnes již žijeme 36 let v demokracii, avšak nesmíme přestat sledovat síly, které mají v úmyslu nenápadně po malých krůčcích demokracii oslabovat. Musíme se proti takovým tendencím ozývat, jako například v petici před volbami...

Jan Valenta

1 F. Grygar: Čs. čas. fyz. 75(4), 315–325 (2025).

2 J. Valenta: Čs. čas. fyz. 73(6), 466 (2023); 74(1), 42–57 (2024); 74(2), 131–145 (2024).

3 J. Valenta: Čs. čas. fyz. 75(5), 390–403 (2025).

# Obsah

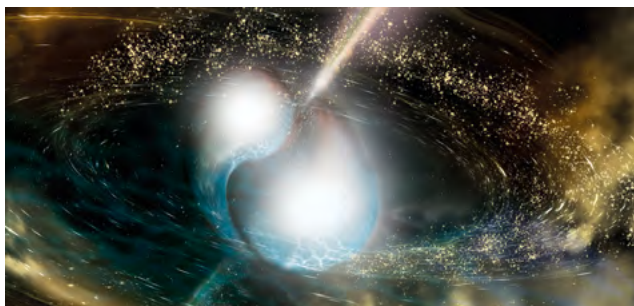
## AKTUALITY

### Zlaté „bane“ vo vesmíre:

o pôvode zlata a ako nám v súčasnosti  
pomáha pri výskume vesmíru

350

Michal Zajaček



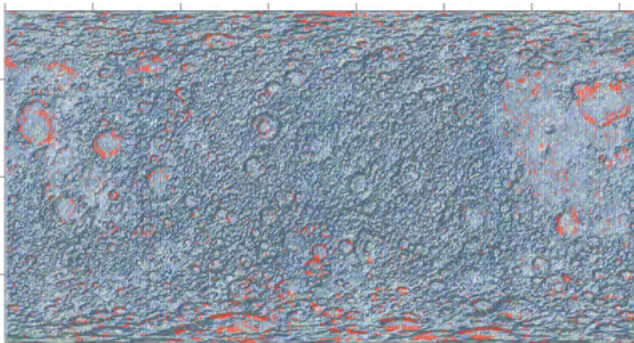
## AKTUALITY

### Polární čepičky Měsíce

354

aneb stydlivý Měsíček

Jaroslav Klokočník, Jan Kostecký, Aleš Bezděk

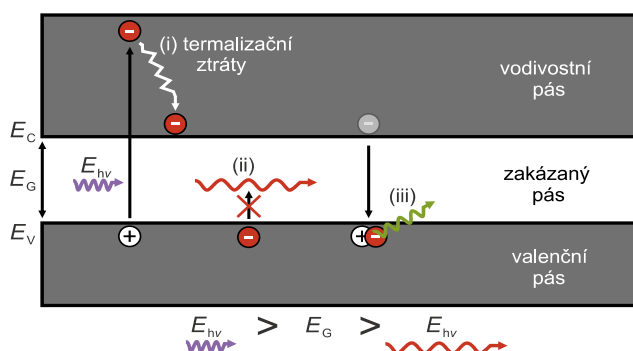


## REFERÁTY

### Cesta k fotovoltaice s účinností překonávající 30 %

358

Zdeňka Hájková, Aleš Vlk a Martin Ledinský



## NOBELOVA CENA ZA FYZIKU 2024

### Projev Geoffreyho Hintona na banketu po udílení Nobelových cen

364

### Životopisy laureátů Nobelovy ceny za fyziku pro rok 2024

365



## REFERÁTY – NC ZA FYZIKU 2024

### NOBELOVSKÁ PŘEDNÁŠKA: Fyzika je úhel pohledu

367

John J. Hopfield



## REFERÁTY – NC ZA FYZIKU 2024

### NOBELOVSKÁ PŘEDNÁŠKA: Boltzmannovy stroje

372

Geoffrey Hinton



## FYZIKÁLNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

**Hodgeův operátor  
a jeho praktické užití**

382

3. část: Fyzikální aplikace

Petr Bulušek, Pavla Musilová, Jana Musilová



## HISTORIE FYZIKY

**Budování výzkumného ústavu  
Versuchsanstalt Waffen-Union  
v OBJEKTECH VYSOKÉ ŠKOLY BÁŇSKÉ  
v PŘÍBRAMI 1943-45**

390

Jan Valenta

**O čem psal Čs. čas. fyz.  
před 50 lety – v roce 1975**

404

vybral Jan Valenta

## VĚDA A UMĚNÍ

**Solarografická konference v Praze**

413

Jana Žďárská



## ZPRÁVY

**Cumulonimbus,  
obлак známý i neznámý**

415

Díl desátý – Blesky

Ivana Kolmašová, Jana Žďárská

**Proba-3 a koronograf ASPIICS**

418

Zatmění Slunce na přání

Jana Žďárská

## ZPRÁVY

**Hledání druhé Země**

421

Jana Žďárská

**Mineralogická krystalografie**

423

Jana Žďárská



## ROZHOVOR

**Ústav fyziky materiálů**

426

Představování ústavů AV ČR, díl 3.

Tomáš Kruml, Jana Žďárská



# Zlaté „bane“ vo vesmíre: o pôvode zlata a ako nám v súčasnosti pomáha pri výskume vesmíru

Michal Zajaček

Ústav teoretickej fyziky a astrofyziky, Prírodovedecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Česká republika

Zlato je jeden zo vzácných, a teda aj drahých kovov, ktorý je v oblúbe ako súčasť šperkov, no vo všeobecnosti vyjadruje aj mieru bohatstva. Zlato v minulosti ovplyvňovalo chod celých ríš a štátov, viedli sa oň boje a menilo aj osudy jednotlivých ľudských životov. Ak pohľad na zlaté predmety evokuje vo vás niečo nadpozemské, nie je to len dojem. Zlato sa skutočne sformovalo vo vesmíre pri vysokoenergetických udalostiach, ako sú zrážky neutrónových hviezd či obrie erupcie na magnetaroch, ba dokonca pri exotických supernovách.

## Úvod

Zlato ako ušľachtilý a stály prvok má protónové číslo 79 a vyznačuje sa veľmi dobrou tepelnou a elektrickou vodivosťou. V periodickej sústave prvkov sa nachádza v 6. perióde a 11. skupine, kde sa spolu so zlatom nachádza aj meď (Cu) a striebro (Ag). Tieto prvky sa vyznačujú vysokou teplotou topenia a dobrou kujnosťou, preto našli svoje uplatnenie pri výrobe úžitkových predmetov, šperkov a mincí. Z týchto dôvodov sa niekedy označujú aj ako mincové kovy. Zlato je jeden z najmenej reaktívnych prvkov, v „nereaktivnosti“ ho prekonáva len platina. V prírode sa zlato nachádza v podobe zlatých hrudiek („nugetov“), žíl či v prírodných zmesiach a zliatinách so striebrom, meďou alebo aj tzv. falošným zlatom – pyritom (sulfid železnatý  $\text{FeS}_2$ ). Zlato reaguje s veľmi malým množstvom zlúčenín. Jedným z mála možností, ako zlato rozpustiť, je ho nechať interagovať s lúčavkou kráľovskou (lat. *aqua regia*), čo je zmes kyseliny chlorovodíkovej s kyselinou dusičnou v pomere 3:1. Pri interakcii s lúčavkou vzniká tetrachlorozlatitý anión  $[\text{Au}(\text{Cl})_4]^-$ . Z týchto dôvodov je preto možné zlato nájsť v prírode často v čistej podobe.

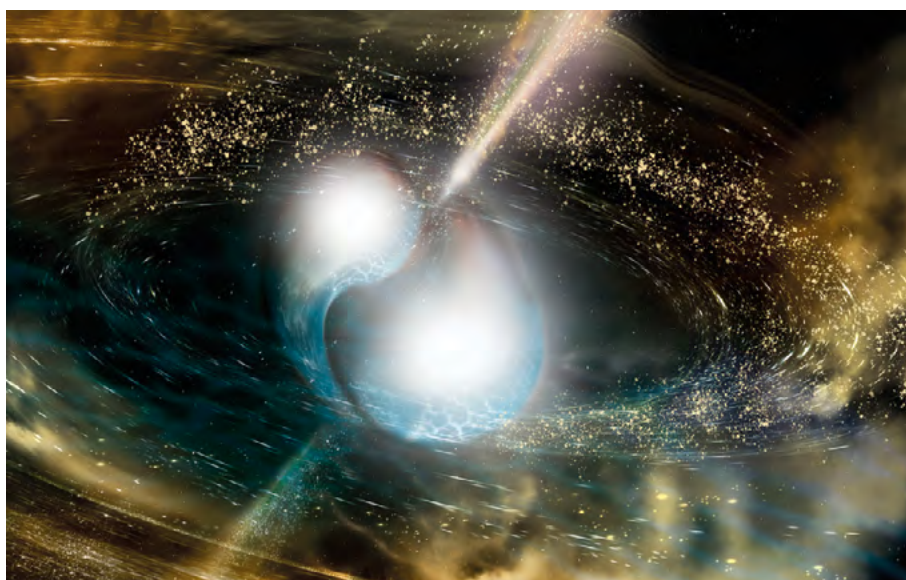
## Výskyt a pôvod zlata na Zemi

Na Zemi, resp. pri zemskom povrchu, sa zlato nachádza zriedka, a preto je ho možné nájsť len v niektorých lokalitách v prevažne čistej podobe alebo v zmesi so striebrom (tzv. elektrum). Pri rozrušení zlatých žíl v horninách sa dostáva do náplavov, kde sa následne rýžuje. Najväčšie ložiská zlata sú v Južnej

Afriky, na Urale a v Austrálii. Zlaté okruhlíky, resp. nugety, je možné nájsť v Kanade a na Sibíri. Na Slovensku sú najväčšie ložiská zlata v podobe zlatonosných žíl pri Kremnici a v západnej časti Malých Karpát. V Českej republike sú ložiská v stredných Čechách (Jílové, Roudný-Zvěstov), v Jeseníkoch (Zlaté Hory) a v Kašperských horách. V súčasnosti sú najväčší producenti zlata na svete Čína, Rusko, Austrália, Kanada, USA a Ghana. Ložiská je možné datovať do predkambrijského obdobia a neskôr. Najčastejšie sa zlato premiestňuje z ložiska do iných oblastí rozrušením zlatých žíl v horninách

a následným splavením riekami, pričom sa usadzuje následne v sedimentoch.

Mnoho teórií a špekulácií o pôvode zlata kolovalo už od jeho prvého objavu a využitia. Dnes už vieme, že teórie alchymistov o premene (transmutácii) kovov na zlato pomocou kameňa mudrcov boli slepou uličkou. Na druhej strane odpoveď ohľadom pôvodu zlata sa nachádza v ďalšej oblasti bádania dávnych alchymistov a astrológov – vo hviezdach. Pri najenergetickejších procesoch vo vesmíre dochádza k jadrovým reakciám, pri ktorých v istom zmysle k „transmutácii“ prvkov dochádza.



**Obr. 1** Ilustrácia splynutia dvoch neutrónových hviezd, pri ktorých dochádza k rýchlemu zachytu neutrónov atómovými jadrami za vzniku zlata a ďalších kovov ťažších ako železo. Kredit: National Science Foundation/LIGO/Sonoma State University/A. Simonnet, edited by MIT News

# Polární čepičky Měsíce

## aneb stydlivý Měsíček

Jaroslav Klokočník<sup>1</sup>, Jan Kostecký<sup>2,3</sup>, Aleš Bezděk<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Astronomický ústav AV ČR, 251 65 Ondřejov; jklokochn@asu.cas.cz, www.asu.cas.cz/~jklokochn

<sup>2</sup> Hornicko-geologická fakulta, VŠB-TUO, 708 33 Ostrava

<sup>3</sup> VÚGTK, 250 66 Zdiby 98

Před sto lety si astronomové byli jisti, že na Měsíci voda být nemůže. Ke změně tohoto názoru došlo v posledním půlstoletí díky technologickému pokroku a hlavní slovo v tom už nemají astronomové. Na Měsíci voda existuje; udrží se samozřejmě pouze pod povrchem. Hledala se a našla nejprve u pólů, ale víme o ní již i mimo polární oblasti. Vyskytuje se ve formě vodního ledu v měsíčním regolitu (tj. v povrchové porézní vrstvě decimetry až desítky metrů tlusté z rozmělněných hornin a prachu, která vznikla dopady meteoritů a kosmického záření), ale i jako podzemní jezera. Naše nová studie týkající se objevu polárních čepiček Měsíce [1] pracuje s parametry globálního gravitačního pole Měsíce, získanými z dlouhodobých měření z lunárních orbiterů. Metoda přináší argumenty o výrazných rozdílech v zastoupení podzemní vody mezi polárními a nepolárními oblastmi Měsíce a identifikuje konkrétní místa – zatím u jižního pólu, kde je výskyt vody pravděpodobnější než jinde. Náš postup je na všech ostatních nezávislý.

### Úvod

Polární čepičky Země a Marsu jsou notoricky známé. I když má Mars tenkou atmosféru, své čapky převážně z ledu s  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  a prachu udrží (a dokonce mezi nimi probíhá sezónní výměna hmot). Měsíc v současnosti už má atmosféru extrémně řídkou (argon, helium, radon, sodík, draslík unikající z měsíčního nitra). Voda se na povrchu „vypaří“, což bylo pozorováno v rámci měsícotřesení po dopadu mikrometeoritů. O polárních čepičkách Měsíce se neuvažovalo a soudilo se, že občasné výrony plynů uvolňují velmi staré zásoby vody, oxidu siřičitého a jiných plynů z pradávnejší minulosti Měsíce.

Ukazuje se, že nejen Země a Mars, ale i další tělesa ve Sluneční soustavě mohou mít podzemní zdroje s přítomností vody u pólů (měsíce Jupitera Europa, Ganymedes a Callisto, měsíce Saturnu Enceladus, Titan, Dione a Mimas, měsíc Neptunu Triton, planety Ceres a Vesta a další).

Voda na Měsíci je velmi aktuální téma. O místě vybudování trvalé lidské posádky na Měsíci se uvažuje už dlouho. Výběr směřoval nejprve k místům u pólů s nejmenším kolísáním teplot. NASA [2] vytypovala 13 míst u jižního pólu trvale ve stínu. Pro začátek. Tato místa jsme naším postupem potvrdili [3]. Postupně se ukazuje, že přítomnost vody není vázána jen na trvale zastíněná místa. Měření z umělých družic Měsíce (např. Chandrayaan-1), kde je umístěn neutronový spektrometr měřící zpětně odražené neutrony z měsíčního povrchu a tím odhalující výskyt lehkých prvků, jako je vodík, a z letadla NASA vysoko v zemské atmosféře (americko-německý projekt SOFIA – *Stratospheric Observatory For Infrared Astronomy*) svědčí o přítomnosti vody [4]. Objevíli vodu v kráteru Clavius a v Mare Se-

renitatis, tedy na osvětlených místech. Voda na Měsíci pro pobyt a práci lidí (samozřejmě po úpravách) bude – to je povzbudivé konstatování.

O místě vybudování první základny pro trvalou lidskou posádku v rámci projektu *Artemis* je již rozhodnuto<sup>1</sup>: jižní polární oblast. U kráteru Malapert A nedaleko jižního pólu přistál v r. 2024 modul *Odyssey* od soukromé americké firmy *Intuitive Machines* (IM-1/*Odyssey*<sup>2</sup>). Projekt *Artemis* [5] (NASA a soukromníci) navazuje a rozhodně nezůstane jediný.

Ještě se zmíníme o tom, jak se voda na Měsíc dostává, aby se uložila a udržela pod jeho povrchem. Je to bombardování Měsíce slunečním větrem, meteority a kometami (nekoná se žádné brzdění, popř. eliminace dopadajících částic atmosférou jako na Zemi). Dalším zdrojem je „oddychující si“ Země. Měsíc se každý měsíc kolem úplňku dostává do „chvostu“ magnetosféry Země (ta sahá daleko za oběžnou dráhu Měsíce a připomeňme, že Měsíc Zemi obíhá téměř v rovině ekliptiky). Družice Měsíce Kaguya zaznamenala periodický nárůst iontů vodíku a kyslíku kolem úplňků. Kleteschka [6] navrhl mechanismus přenosu iontů ze zemské atmosféry magnetosférou až do měsíčního regolitu. Všechny jmenované postupy jsou dlouhodobě funkční, stále probíhající. Který převažuje, není známo.

### Gravitační aspekty

V tomto krátkém sdělení se nemůžeme věnovat teorii gravitačních aspektů. Odkazujeme na dodatky SM 1 k článkům [1, 3], na Atlas [6] a podrobnosti v [7].

1 <https://www.astronomy.com/science/how-the-government-shutdown-affects-nasa/>

2 <https://www.intuitivemachines.com/im-1>

# Cesta k fotovoltaiice s účinností překonávající 30 %

Zdeňka Hájková, Aleš Vlk a Martin Ledinský

Fyzikální ústav Akademie věd České republiky, Cukrovarnická 10/112, 162 00 Praha 6

Fotovoltaiika – tedy přímá přeměna energie slunečního záření na elektrickou energii – se těší stále větší oblibě. Jedná se o prakticky nevyčerpatelný, tichý, bezemisní zdroj energie, který je založený na absorpci světla v polovodičích, v současnosti zejména křemíku. V tomto příspěvku je vysvětleno, jak funguje sluneční článek, a to včetně diskuse nutnosti přítomnosti PN přechodu. Dále je ukázáno, jak se v průběhu času zvyšovala maximální účinnost fotovoltaiické přeměny křemíkového slunečního článku. Závěr objasňuje, proč se jako pravděpodobný směr budoucího rozvoje fotovoltaiiky jeví výroba a instalace tandemových článků kombinujících standardní krystalický křemík s tenkou vrstvou halidového perovskitu.

## Obnovitelné zdroje elektřiny rostou, fotovoltaiika vede

Za posledních sto let dramaticky vzrostla světová spotřeba energie. V roce 1920 lidstvo spotřebovalo přibližně 18 000 TWh, což odpovídá instalovanému výkonu kolem 2 TW, kdežto v roce 2022 už byla naše spotřeba desetinásobná [1]! Zatímco na počátku 20. století naprostá většina vyrobené energie pocházela ze spalování uhlí a biomasy, v 21. století hraje čím dál větší roli tzv. *zelená energie* získávaná z obnovitelných zdrojů, jako jsou sluneční záření, voda, vítr a geotermální energie. Přitom *fotovoltaiika* v posledních dvaceti letech zaznamenala prudký růst a v roce 2022 její celosvětový instalovaný výkon překonal milník 1 TW<sub>p</sub> (terawatt-peak, viz vysvětlení v rámečku).

Podíl obnovitelných zdrojů na výrobě elektřiny se neustále zvyšuje, a to nejrychleji právě u fotovoltaiiky. Zatímco instalování prvního terawattu solární energie trvalo 68 let (1954–2022), k dosažení dvojnásobku stačily pouhé dva roky (2022–2024) [2]. Očekává se navíc, že už v průběhu letošního roku fotovoltaiika celosvětově vyrobí více elektřiny než jaderné elektrárny [3]. Podle odhadů Mezinárodní energetické agentury (IEA) by se do pěti let měla stát největším obnovitelným zdrojem

**Watt-peak (W<sub>p</sub>)** vyjadřuje tzv. špičkový výkon fotovoltaiického panelu za standardních testovacích podmínek, tj. když sluneční záření o plošném výkonu 1 000 W/m<sup>2</sup> dopadá kolmo na panel, jeho spektrum odpovídá standardu AM 1.5 a teplota panelu je 25 °C. Hodnota W<sub>p</sub> tedy udává maximální výkon, kterého by teoreticky bylo možné dosáhnout za ideálních podmínek. Průměrný výkon je však nižší, protože panely vyrábějí elektřinu jen určitou část dne a jejich výkon kolísá v závislosti na počasí, ročním období, geografické poloze, teplotě, zastínění, orientaci a znečištění panelů.

energie [4], a tím i jednou z klíčových technologií pro dosažení uhlíkové neutrality.

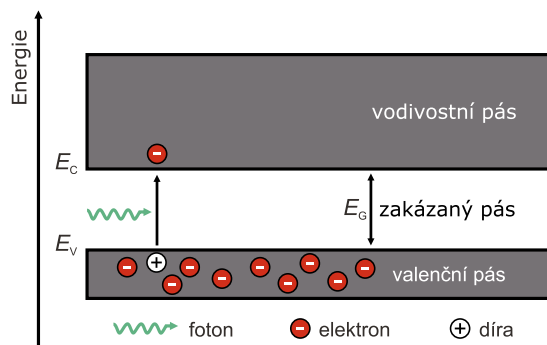
V tomto článku se zaměříme na dosavadní cestu fotovoltaiiky, zejména na vývoj účinnosti křemíkových slunečních článků, a také na perovskity – materiál, který by mohl výrazně ovlivnit budoucnost solární energetiky.

## Princip fungování slunečního článku

Sluneční články umožňují *přímou přeměnu energie slunečního záření na elektrickou energii*. Klíčovou roli při tom hrají polovodičové materiály, které absorbují část dopadajícího světla a transformují jeho energii na vytvoření volných elektricky nabitých částic.

Při dopadu světla na sluneční článek vytvářejí fotony s energií větší nebo rovnou šířce tzv. zakázaného pásu ( $E_G$ ; pro křemík alespoň 1,12 eV) *páry elektron–díra* (obr. 1). Elektrony jsou při tom excitovány (vybuzeny) ze své původní polohy ve valenčním pásu ( $E_v$ ) do energeticky vyššího vodivostního pásu ( $E_c$ ), kde se mohou volně pohybovat. Zároveň ve valenčním pásu zůstávají po uvolněních elektronech kladně nabitě díry.

Světlem generované elektrony a díry je nutné odvést ke kontaktům připojeným k vnějšímu obvodu, jinak by totiž došlo k jejich neužitečnému opětovnému spojení, tzv. *rekombinaci*. Jak je patrné z obr. 2, *separování volných nosičů náboje* lze realizovat pomocí tzv. PN



**Obr. 1** Vznik elektron–dřevého páru absorpcí fotonu s dostatečnou energií ( $\geq E_G$ ) při osvětlení polovodiče.

# Nobelova cena za fyziku pro rok 2024

John J. Hopfield a Geoffrey Hinton



## Projev Geoffreyho Hinton na banketu po udílení Nobelových cen 10. prosince 2024

Vaše Veličenstva, Vaše královské Výsosti, Excellence, vážení laureáti, dámy a pánové,

letos Nobelovy výbory pro fyziku a chemii uznaly dramatický pokrok, kterého bylo dosaženo v nové formě umělé inteligence, jež využívá umělé neuronové sítě k učení se řešit složité výpočetní problémy. Tato nová forma umělé inteligence vyniká v modelování lidské intuice spíše než lidského uvažování a umožní nám vytvořit vysoce inteligentní a znalé asistenty, kteří zvýší produktivitu téměř ve všech odvětvích. Pokud se výhody zvýšené produktivity podaří rovnoměrně rozdělit, bude to úžasný pokrok pro celé lidstvo.

Rychlý pokrok v oblasti umělé inteligence s sebou, bohužel, nese mnoho krátkodobých rizik. Již způsobila vytvoření rozvratných názorových bublin tím, že lidem na sociálních sítích nabízí obsah, který je rozhoř-

čuje. Autoritativní vlády již používají AI k masivnímu sledování lidí a kyberzločinci k phishingovým útokům. V blízké budoucnosti by umělá inteligence mohla být použita k vytvoření děsivých nových virů a hrůzných smrtících zbraní, které by samy rozhodovaly, koho zabijí nebo zmrazí. Všechna tato krátkodobá rizika vyžadují naléhavou a důraznou pozornost vlád a mezinárodních organizací.

Existuje také dlouhodobá existenční hrozba, která se vynoří, pokud vytvoříme digitální bytosti inteligentnější než my sami. Nemáme tušení, zda si pak dokážeme udržet kontrolu. Nyní však máme důkazy, že pokud je vytvoří společnost motivované krátkodobými zisky, naše bezpečnost při tom nebude nejvyšší prioritou. Naléhavě potřebujeme výzkum, jak těmto novým bytostem zabránit v tom, aby se snažily převzít kontrolu. Už to není sci-fi.

Nobelova cena  
za fyziku 2024



# Životopisy laureátů Nobelovy ceny za fyziku pro rok 2024



## John Joseph Hopfield

(\*15. července 1933 Chicago)

Americký fyzik a emeritní profesor ústavu neurověd na Princetonské univerzitě. Proslavil se především prací o autoasociativních neuronových sítích z roku 1982 *Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities*. Před zavedením těchto Hopfieldových sítí byl výzkum umělé inteligence (AI) v útlumu – tzv. zima AI –, až Hopfieldova práce o ni oživila široký zájem. Za tuto průkopnickou práci byl oceněn společně s G. E. Hintonem Nobelovou cenou za fyziku pro rok 2024 za „základní objevy a ideje, které umožnily vznik strojového učení s umělými neuronovými sítěmi“.

J. J. Hopfield se narodil v Chicagu. Jeho otec John Joseph Hopfield byl fyzik, který si po přestěhování z rodného Polska své původní jméno Jan Józef Chmielewski vtipně „přizpůsobil“. J. J. Hopfield junior studoval fyziku na Swarthmore College v Pennsylvánii (1954) a doktorát získal na Cornell University (1958) za práci *A quantum-mechanical theory of the contribution of excitons to the complex dielectric constant of crystals*, vypracovanou pod vedením Alberta Overhausera (v této práci zavedl pojem *polariton*).

Svou vědeckou kariéru začal Hopfield v teoretické skupině v Bellových laboratořích, kde pracoval s D. G. Thomasem na optických procesech v polovodičích (zejména CdS) a potom s R. G. Schulmanem na popisu kooperativního chování hemoglobinu. Po dvou letech přešel na University of California v Berkeley (1961–64), následně na Princeton University (1964–80), Califor-

nia Institute of Technology (1980–97) a nakonec zpět do Princetonu, ale už ne jako profesor fyziky, nýbrž molekulární biologie.

V letech 1981 až 1983 Hopfield spolu s Richardem Feynmanem a Carverem Meadem přednášel na Caltechu roční kurz nazvaný *The Physics of Computation*. Ten se stal následně inspirací ke vzniku Ph.D. programu *Computation and Neural Systems* (1986). V této době pak publikoval své nejznámější práce o neuronových sítích (1982 a 1984).

Hopfield jako první ukázal v roce 1994 souvislost neuronových sítí se samoorganizovanou kritikalitou (*self-organized criticality*) s odkazem na model zemětřesení označovaný Olami–Feder–Christensen. Roku 1995 spolu s A. V. Herzem popsal, že laviny při neuronální aktivitě mají distribuci v podobě mocninné závislosti (*power law*) obdobně jako zemětřesení.

Původní Hopfieldovy sítě měly omezenou paměť, což Hopfield vyřešil spolu s Dmitry Krotovem v roce 2016. Tyto sítě s velkou pamětí se označují jako moderní Hopfieldovy sítě.

V březnu 2023 podepsal Hopfield dopis nazvaný *Zastavte velké AI experimenty*, který volá po pozastavení tréninku AI modelů mnohem výkonnějších než GPT-4. Dopis podepsalo přes 30 tisíc odborníků upozorňujících na nebezpečí pro lidstvo. Po udělení Nobelovy ceny uvedl, že je jako fyzik znepokojen něčím tak výkonným, nad čím nemáme kontrolu. Také porovnal AI s objevem jaderného štěpení, které umožnilo vytvořit jaderné zbraně i jaderné elektrárny.

(sepsal J. Valenta z podkladů na webu Princetonské univerzity a anglické Wikipedie)

Nobelova cena  
za fyziku 2024



# NOBELOVSKÁ PŘEDNÁŠKA: Fyzika je úhel pohledu

**John J. Hopfield**

Princetonská univerzita, Princeton, New Jersey 08540, USA

Jak se stalo tradicí, přinášíme vám překlad přednášky, kterou pronesl nositel Nobelovy ceny za fyziku pro rok 2024 John Hopfield. Překlad vychází z přepisu, který byl publikován nedávno v časopise *Review of Modern Physics*.<sup>1</sup>

Moje první zaměstnání na plný úvazek se odehrávalo v Bellových laboratořích, kde byl o 10 let dříve vynalezen tranzistor. V březnu 1958 jsem se připojil k tamní šestičlenné skupině teoretické fyziky. První půlden jsem strávil administrativními detaily, pak jsem zamířil do své nové kanceláře. Vybalení několika knih a časopisů trvalo hodinu. Návštěva skla-  
du v pátém patře vynesla několik linkovaných bloků, tužek a ruční ořezávkou. Vrátil jsem se do kanceláře a ořezal několik tužek.

*Co mám teď dělat?*

Tahle nepřijemná záležitost mě v mé výzkumné a pedagogické kariéře trápila mnohokrát. Každý vědec a každý akademik čelí ožehavé otázce, na čem každý den pracovat. Většina z nás to řeší tak, že dnes pracuje na tom, aby trochu rozšířila včerejší myšlenkové směry, experimentální metody nebo načrtnutý směr vývoje. Většina z nás tráví málo času vážným přemýšlením o výběru výzkumných oblastí, kterými se bude dále zabývat. Slyšíte jen málo přednášek na téma „jak si zvolit směr výzkumu“.

**Přesto je výběr problémů primárním určujícím faktorem toho, čeho člověk ve vědě dosáhne.**

Dva články, které jsem napsal před více než 40 lety, tvoří základ práce často označované jako Hopfieldův model. Nejprve popíšu, jak se daný předmět vyvíjel, některé z provedených voleb a situace, se kterými jsem se setkal, které nakonec definovaly zárodek užitečného úhlu pohledu, na nějž mohla být aplikována matematika. Zkráceně tento proces označuji jako volba problému, ale ve skutečnosti je to popis toho, jak byl užitečný úhel pohledu vytříben z analýzy náhodných událostí z mé minulosti. V historických přehledech je vývoj problému často prezentován jako logická posloupnost správných voleb při postupu rozvětveným rozhodovacím stromem. Ve skutečnosti se však výzkum často ubírá náhodnými směry zvolenými bez hlubokých rozborů.



John J. Hopfield během své nobelovské přednášky ve velkém sále Stockholmské univerzity 8. prosince 2024. © Nobel Prize Outreach. Foto: Anna Svanberg

Pro mě – vyrůstajícího s otcem a matkou, kteří byli oba fyzici – nebyla fyzika definována předmětem. Atom, troposféra, kus skla, moje kolo, magnet – to vše byly prostě náhodné předměty. Fyzika byla úhel pohledu, že svět kolem nás je – při vynaložení úsilí, vynalézavosti a dostatečných zdrojů – pochopitelný prediktivním způsobem a rozumně kvantifikovatelný. Být fyzikem znamená oddanost hledání tohoto druhu porozumění.

Samozřejmě ani jeden z mých rodičů nikdy nemluvil o tom, „co definuje fyziku“. Až mnohem později jsem se zamyslel nad tím, jak moje výchova definovala užitečný světový názor.

Vyrůstal jsem rozebíráním věcí, pozorováním, jak fungují, opravováním jízdních kol, zkoumáním chemie v kuchyni, stavěním létajících modelů letadel, krystalových souprav a jednoduchých rádií, hraním si s bateriemi, učením se myslet rukama a manipulací se skutečnými objekty. Všechno jsem rozuměl (proč se mi při používání zahřívají brzdy na kole) a začleňoval tyto malé součástky do mnohem těžšího pochopení složitějšího systému.

Bez ohledu na finanční důsledky povolání fyzika jsem jen krátce zvažoval alternativní kariéru. Můj učitel chemie na střední škole byl vynikající, zatímco můj

Nobelova cena  
za fyziku 2024



<sup>1</sup> Přeloženo z J. J. Hopfield: Nobel Lecture: Physics is a point of view. *Rev. Mod. Phys.* 97, 030501 (2025). DOI: 10.1103/RevModPhys.97.030501. Článek neobsahuje žádné referen-  
ce ani poznámky pod čarou.

# NOBELOVSKÁ PŘEDNÁŠKA: Boltzmannovy stroje

Geoffrey Hinton

Department of Computer Science, University of Toronto, Ontario, Canada

Druhou přednášku nositelů Nobelovy ceny za fyziku pro rok 2024 přednesl v Aule Magna Stockholmské univerzity Geoffrey Hinton. Překlad opět vychází z přepisu, který byl publikován v časopise *Review of Modern Physics*.<sup>1</sup>

Nobelova cena  
za fyziku 2024



Pro řešení složitých výpočetních úkolů potřebují umělé neuronové sítě konstruovat vhodné interní reprezentace úpravou vah svých spojů tak, aby se zlepšoval výkon. V 80. letech 20. století existovaly dvě slibné techniky pro výpočet gradientů potřebných k úpravě vah. Jednou z technik byla zpětná propagace (*backpropagation*), která se nyní používá téměř ve všech systémech umělé inteligence. Druhou byl Boltzmannův algoritmus strojového učení, který se již nepoužívá. V této přednášce popíšu dva hlavní úspěchy zpětné propagace a potom vysvětlím Boltzmannův algoritmus strojového učení, který využívá vlastnost Boltzmannova rozdělení k výpočtu gradientů elegantním a neočekávaným způsobem.

## I. Úvod

Tato nobelovská přednáška si klade za cíl vysvětlit některé historicky důležité pokroky v oblasti umělých neuronových sítí způsobem, který zpřístupňuje tyto myšlenky lidem, jež nemají silné zázemí ve fyzice nebo strojovém učení. Abych tohoto cíle dosáhl, potlačil jsem mnoho detailů, které nejsou nezbytné pro pochopení podstaty těchto myšlenek.<sup>2</sup> Minimalizoval jsem počet rovnic a vynechal matematické odvození a místo toho jsem se zaměřil na intuitivní vysvětlení, včetně vysvětlení některých konceptů, jež jsou fyzikům velmi dobře známé. Učící postup pro Boltzmannovy stroje prezentuji jako vyprávění, které popisuje, jak jsme s Terencem Sejnowským k tomuto nápadu dospěli.

Umělé neuronové sítě byly inspirovány mozkem, ale používají velmi zjednodušené neurony. Spojení mezi neurony mají váhy, které se s učením mění, a tyto váhy určují, jak výstup neuronu závisí na aktivitách na jeho vstupních linkách, což jsou obvykle výstupy jiných neuronů. Ústředním problémem výzkumu neuronových sítí je zjistit, jak váhy upravit tak, aby se celá síť zlepšila v nějakém složitém úkolu, jako je klasifikace objektů v obrázcích nebo předpovídání dalšího slova v dokumentu. Pokud má neuronová síť velký počet vah, je beznadějně neefektivní změnit pouze jednu

z vah a zjišťovat, zda to pomohlo, protože je třeba sítí projít mnoho různých příkladů, aby se vyhodnotilo, zda změna pomohla. Učení je mnohem efektivnější, pokud existuje nějaký způsob, jak vypočítat gradient pro každou váhu, tedy rychlost, s jakou se výkon celé sítě zlepšuje se zvyšující se vahou. Všechny váhy pak lze paralelně měnit ve směru, který zlepšuje výkon.

V 80. letech 20. století, kdy si většina výzkumníků v oblasti umělé inteligence byla jistá, že umělé neuronové sítě jsou slepou uličkou, jsem spolupracoval s Davidem Rumelhartem na zkoumání procedury učení zpětným šířením a s Terryem Sejnowským na zkoumání procedury Boltzmannova strojového učení. Jedná se o dva velmi odlišné způsoby, jak získat informace o gradientech, potřebné pro úpravu vah. V té době měly oba postupy své výhody a nevýhody a nebylo jasné, která metoda povede k nejlepší technologii a která má nejlepší šanci vysvětlit, jak se skutečné neuronové sítě učí.

Většina přednášky je věnována proceduře Boltzmannova strojového učení, která využívá vlastnost tepelné rovnováhy k odvození nečekaně jednoduchého způsobu odhadu požadovaných gradientů. Ve své době se tento postup jevil jako lepší volba než zpětné šíření pro pochopení toho, jak se mozek učí vnímat.<sup>3</sup> Boltzmannovy stroje však nefungovaly zdaleka tak dobře jako zpětné šíření, které získává přesné gradienty poměrně zřejmým způsobem pomocí řetězového pravidla o derivaci složené funkce [1].

Začnu stručným popisem dvou nejzásadnějších úspěchů metody zpětného šíření, které nakonec vedly k jejímu širokému využití jako „tahouna“ současné umělé inteligence (AI). Po uznání úspěchu metody zpětného šíření se vrátím k Boltzmannově metodě strojového učení, která je sice nepraktická, ale mnohem zajímavější.

## II. Učení se rozpoznávání objektů v dopředné neuronové síti

Algoritmus zpětného šíření byl vynalezen mnohokrát [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Na začátku 80. let 20. století již byly počítače dostatečně rychlé na to, aby prozkoumaly jeho schopnost

<sup>1</sup> Přeloženo z G. Hinton: Nobel Lecture: Boltzmann machines. *Rev. Mod. Phys.* **97**, 030502 (2025). DOI: 10.1103/RevModPhys.97.030502.

<sup>2</sup> Například jsem ignoroval skutečnost, že umělé neurony obecně mají zkreslující (bias) členy.

<sup>3</sup> Francis Crick se domníval, že metoda zpětného šíření je jako model toho, jak se mozek učí, naprosto nepravděpodobná, a naléhal na Terryho Sejnowského a mě, abychom zaměřili své úsilí na Boltzmannovy stroje.

# Hodgeův operátor a jeho praktické užití

## 3. část: Fyzikální 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

Kalkul diferenciálních forem, zahrnující i problematiku Hodgeova operátoru, je silným nástrojem, umožňujícím efektivní matematický zápis klíčových vztahů fyzikálních teorií. V první a druhé části příspěvku jsme představili algebraický i analytický základ tohoto kalkulu a ukázali jeho využití při vyjádření diferenciálních operátorů ve zcela obecných křivočarých souřadnicích. V této, třetí a poslední části navazujeme na matematický aparát částí předchozích a věnujeme se fyzikálním aplikacím, konkrétně v elektrodynamice. Půjde o alternativní zápis Maxwellových rovnic v trojrozměrné i čtyřrozměrné podobě, pro nějž je klíčová (algebraicky i geometricky přirozená) reprezentace Lorentzovy síly a tenzoru elektromagnetického pole právě pomocí diferenciálních forem. I tato část příspěvku spadá do (pokročilejší) oblasti vysokoškolské didaktiky fyziky.

### 7. Úvod

Aparát diferenciálních forem včetně Hodgeova operátoru při zápisu rovnic elektrodynamiky najdeme v řadě článků i v pokročilých učebnicových textech. Citovat zde nemůžeme ani všechny ty nejdůležitější, tak snad alespoň monografii [1] a články [2–5]. Monografie [1] je velmi obsáhlá, zabývá se obtížnými matematickými tématy s aplikačními možnostmi ve fyzice – diferenciální formy, diferenciální geometrie, algebraická a diferenciální topologie, Lieovy grupy, vektorová a tenzorová rozvrstvení, Chernovy formy – jakožto tématy dle autora [1] „nezbytnými pro hlubší porozumění klasické i moderní fyzice a inženýrství“. I když je autorem charakterizována jako „text vhodný pro absolventy (postgraduální studenty) a pokročilé studenty fyziky, inženýrství a matematiky“ a jako „kurs vhodný k samostudiu“, jde o text natolik obtížný a lze říci přetížený formalismem, že jeho avizované cíle pravděpodobně nelze běžně naplnit. Prezentované fyzikální aplikace jsou touto obtížností a formalizací rovněž poznamenány. Text se na několika místech věnuje matematické formulaci fyzikálních teorií, např. mechaniky, termodynamiky a elektrodynamiky pomocí diferenciálních forem, reprezentace fyzikálních veličin formami je však zaváděna formálně, axiomaticky, někdy i „ad hoc“. Pokud jde o časopisecké práce [2–5], věnují se z převážné části matematickému výkladu a poté aplikaci matematického aparátu diferenciálních forem v elektrodynamice tak, že jej zavádějí rovněž formálně a dalo by se říci i povrchně, bez bližšího zdůvodnění fyzikální či geometrické podstaty reprezentace určité veličiny odpovídající diferenciální formou.

Uveďme příklad: Jednou z hlavních myšlenek např. v práci [5] je reprezentace hustoty náboje nikoli skalární funkcí  $\rho$  času a souřadnic, nýbrž přímo integrandem vyjadřujícím celkový náboj elementární objemové oblasti, tedy 3-formou  $\rho (= \rho dx \wedge dy \wedge dz)$ , která je (v daném bodě euklidovského prostoru  $\mathbf{R}^3$ ) jako prvek jednorozměrného prostoru<sup>1</sup>  $\Lambda_3(\mathbf{R}^3)$  automaticky (triviálně) uzavřená, a tedy lokálně exaktní. To znamená, že k ní lokálně, tj. například na jednoduše souvislé oblasti, existuje 2-forma taková, že  $\rho$  je její vnější derivací. Tuto 2-formu označuje autor jako  $D$ , a píše  $\rho = dD$  s odkazem na Maxwellovu rovnici  $\text{div } \vec{D} = \rho$ . Jakékoli fyzikální zdůvodnění či matematické/geometrické zdůvodnění toho, že indukce elektrického pole  $\vec{D}$ , chápaná při běžné „školské“ interpretaci jako vektorové pole, se najednou stává antisymetrickým kovariantním tenzorovým polem druhého řádu, chybí. V podobném duchu pak autor pokračuje k dalším Maxwellovým rovnicím, a podobně se odvíjejí úvahy i v dalších pracích na toto téma.

Přirozená geometrická povaha fyzikálních veličin, konkrétně jejich transformační vlastnosti při přechodech mezi soustavami souřadnic, resp. bázemi, je však pro možnost jejich reprezentace diferenciálními formami důležitá. V této části příspěvku o Hodgeově operátoru se pokusíme o korektní přístup k takové reprezentaci: právě na rozboru geometrické podstaty a transformačních vlastností veličin popisujících elektromagnetické pole jejich formální reprezentaci vhodnými matematickými objekty založíme a využijeme ji,

1 Viz značení v první a druhé části našeho příspěvku.

# Budování výzkumného ústavu Versuchsanstalt Waffen-Union v OBJEKTECH VYSOKÉ ŠKOLY BÁŇSKÉ v PŘÍBRAMI 1943–45

Jan Valenta

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

Fyzikální ústav Akademie věd ČR, Na Slovance 2, Praha 8

Vysoká škola báňská (VŠB) v Příbrami zrovna slavila 90 let od založení, když došlo 17. listopadu 1939 k jejímu uzavření, stejně jako u ostatních českých vysokých škol. Budovy VŠB nakonec získal výzkumný ústav Versuchsanstalt Waffen-Union (VA WU) Píbrans. Koncern WU zahrnoval především tři zbrojní firmy: Škodovy závody (ŠZ) Plzeň, Zbrojovku Brno a Explosii Semtín. Prostory VŠB byly nejprve důkladně adaptovány, což způsobilo ve válečných podmínkách velké zpoždění. Výzkumné práce zde efektivně začaly až na konci léta 1944, kdy sem přešla část Fyzikálního výzkumu ŠZ z Prahy-Smíchova a především velká skupina Rolfa Engela z Großendorfu, která vyvíjela rakety na pevná paliva. Engelovi bylo svěřeno vedení celého ústavu, ale příliš „užitku“ už Říše z jeho činnosti neměla. Konec války znamenal rychlý konec VA WU, ale také VŠB v Příbrami – škola byla přemístěna do Ostravy.

## 1. Vznik Vysoké školy báňské v Příbrami

Jedinou vyšší hornickou školou v Rakousku-Uhersku byla dlouho Báňská akademie v Banské Štiavnici. Počátkem 19. století však její prakticky zaměřená výuka bez teoretických základů přestala vyhovovat a stala se předmětem kritiky. S příchodem průmyslové revoluce totiž bylo třeba rychle zvyšovat těžbu uhlí i produkci kvalitního železa a oceli. Ozývaly se hlasy nabádající k přenesení studia montanistiky na polytechnické školy.

Na popud císaře pověřil ministr Kolovrat roku 1829 posouzením a případným přepracováním návrhu na reformu hornického studia *Kašpara Šternberka* (1761–1838). Ano, toho Šternberka, jenž patřil k zakladatelům Národního muzea. Do svých padesáti let ovšem působil v Řezně jako církevní hodnostář (a ve volném čase se stal odborníkem na botaniku a paleobotaniku), pak se vrátil do Čech pečovat o zděděné panství. Na Radnicku (u Rokycan) následně začal rozvíjet těžbu uhlí (Břasy) a železné rudy (Březina) a měl zde i železné hutě (Darová). Díky své výjimečné systematickosti se vypracoval na hornického odborníka – napsal např. spis o historii hornictví v Čechách, ale také podal návrhy na změny báňských zákonů a úřadů [1].

Kašpar Šternberk promyslel reformu hornického školství důkladně: navrhl, aby se teoretická část mon-

tanistického studia (čtyřletá) konala na pražské univerzitě či polytechnice. Praktické vzdělání měli studenti následně získat při dvouletém kurzu v Příbrami<sup>1</sup>. Tam měla vedle báňské akademie vzniknout také (nižší) horní škola. Obsah a organizaci studia rozpracoval Šternberk velmi důkladně a svůj návrh poslal na přelomu října a listopadu 1829 do Vídně. Tam se jím zabývala dvorská studijní komise. K uskutečnění tohoto návrhu (v nepříliš pozměněné podobě) došlo však až po Šternberkově smrti – Akademie v Příbrami vznikla roku 1849 a horní škola 1851.

Podle Šternberkova návrhu probíhala první fáze studia na technikách a teprve poslední dva roky v Příbrami. Až v letech 1895–99 bylo postupně převedeno celé studium do Příbrami. Počátkem 20. století byla Akademie přejmenována na *Vysokou školu báňskou* (VŠB) a prvním rektorem se stal (a později opakovaně) profesor matematiky a fyziky *Josef Theurer* (1862–1928), který v Příbrami vybudoval Fyzikální ústav, zavedl fyzikální praktika a po vzniku Československa vypracoval koncepci reorganizace školy (obr. 1) [2].



1 V době Šternberkova návrhu byla Příbram zřejmě nejvýznamnějším horním městem v českých zemích. Stříbro se v okolí těžilo již od konce 13. století. V 19. století se dolovalo především olovo a další kovy v několika hlubinných šachtách na Březových horách východně od Příbrami (dnes součást Příbrami).

# O čem psal Čs. čas. fyz. před 50 lety – v roce 1975

vybral **Jan Valenta**

Letošní ročník Čs. čas. fyz. nese číslo 75. To je stejný počet ročníků, na kterém skončil jeho předchůdce *Časopis pro pěstování matematiky a fyziky*. Dohromady tedy završíme 150 ročníků! Před padesáti lety převzal vedení žlutého časopisu Jiří Dvořák, který pak působil jako vedoucí redaktor 12 let, nejdéle ze všech. Pojďme si připomenout některé zajímavé příspěvky.

Čs. čas. fyz. A **25**, 93 (1975)  
/ Appendix

## Novoroční poznámka

Loňský ročník našeho časopisu byl poslední ze sedmi, které byly připraveny pod redakčním vedením doc. Zdeňka Mála. Rád bych mu jménem všech, kdo s ním v posledních letech na tvorbě časopisu spolupracovali, a jistě i jménem našich čtenářů poděkoval za jeho práci, která vedla k podstatné změně dřívější koncepce časopisu a k rozšíření okruhu čtenářů a autorů.

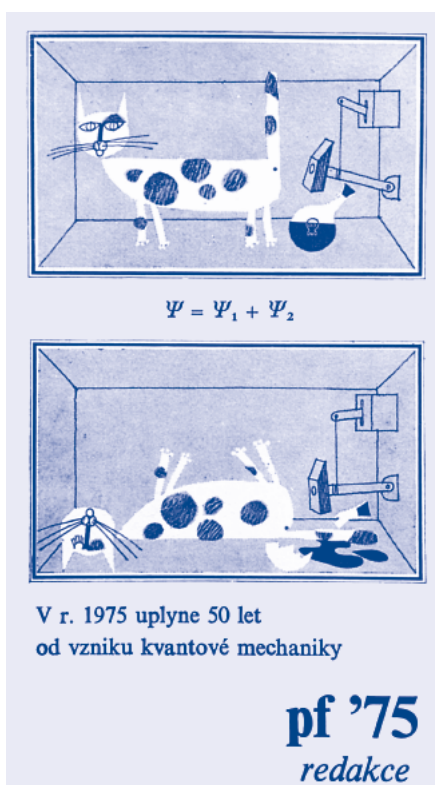
Jako nový vedoucí redaktor si vážím toho, že se Z. Málek bude spolu se všemi členy dosavadního redakčního kruhu dále podílet na redigování časopisu. Pro začínající ročník nechystáme v zaměření časopisu žádné významné změny; chtěli bychom zachovat koncepci i úroveň, k níž v posledních letech časopis dospěl. Doufám proto, že se i ročník 1975 setká s aktivní podporou přispěvatelů a s příznivým přijetím u čtenářů.

**Jiří Dvořák**

Čs. čas. fyz. A **25**, 155 (1975)  
/ Krátká sdělení

## Zaslouženou poctu českému fyzikovi!

Mezinárodní terminologické komisi má být postoupen návrh, aby po Járovi Cimrmanovi, velkém českém mnohoumělovi, byla pojmenována díra, tj. porucha v krystalové mříži. Tato volba je velmi případná, neboť



stavitelé neexaktních věd, sami neschopní postavit Cimrmana na místo, které mu právem náleží, poukazují alespoň na nevhodnost nového termínu: hrozí prý nebezpečí záměny názvu *cimrmanon* se stejně znějící přezdívkou M. Lescautové z doby, kdy si ještě musela přivydělávat jako pokojská. Tato námitka jistě neobstojí; ukazuje však na těsnou souvislost problematiky fyzikální a literárněvědné a je tedy dalším dokladem (dokonce posmrtným) ohromující Cimrmanovy všestrannosti.

**Jt**

[1] L. Smoljak: Čs. čas. fyz. A **23**, 180 (1973).

Čs. čas. fyz. A **25**, 160–164 (1975) / Otázky a názory

## S prof. V. Petržílkou o padesáti letech zasvěcených fyzice

(Interview pro Čs. čas. fyz. A)

Dne 20. března 1975 se profesor RNDr. Václav Petržílka<sup>2</sup>, DrSc., člen korespondent ČSAV, nositel řádu práce a laureát státní ceny Klementa Gottwalda, dožívá 70 let. Rozsáhlou biografii z pera E. Klier a Č. Šimáného jsme uveřejnili před pěti lety [Čs. čas. fyz. A **20**, 199 (1970)].

S radostí sdělujeme všem našim čtenářům, že prof. Petržílka se dožívá svých sedmdesátin v dobrém zdraví, že stále pracuje na Matematicko-fyzikální fakultě Karlovy university, plánuje nové experimenty, posuzuje doktorské a kandidátské práce, jak

na principu díry – ať již černé či nikoliv – je založena většina Cimrmanových fyzikálních (a nejen fyzikálních?) ideí [1]. Kromě toho J. Cimrman pracoval v tomto oboru i experimentálně: svého času sám uvízl v díře v mříži, a to v průběhu, resp. na konci svého pokusu o útěk z žalární kobky<sup>1</sup>.

Každý dobrý Čech jistě uvítá, že se tedy ve fyzice vedle fermionů a bosonů již brzy setká i s *cimrmanony*. Zatím je však projednávání návrhu bohužel brzděno – jako tak často v rozhodujících okamžicích našich dějin – známou českou nesvorností. Před-

1 Srov. seminární přednášku „Cimrmanova činnost kriminální a kriminalistická“, tvořící úvod k provedení cimrmanovského dramatu „Vražda v salónním coupé“ v pražské Redutě.

2 [Pozn. red. 2025] Prof. V. Petržílka zemřel v 71 letech 9. července 1976 ve Františkových Lázních.

# Solarografická konference v Praze



**Jana Žďárská**

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

V červnu 2025 se v prostorách pražského Planeta uskutečnilo výjimečné setkání, věnované solarografii – unikátní technice, která propojuje umění, vědu a zároveň vzdělávání. Tento mítink tradičně navázal na úspěšné ročníky z let 2021 a 2023 a nabídl tři dny plné přednášek, workshopů, výstav a filmových projekcí.

Solarografie<sup>1</sup> je fotografická metoda, která pomocí dlouhé expozice trvající týdny, měsíce i roky zaznamenává dráhu Slunce na obloze. Obvykle se využívá jednoduchých dírkových komor, tedy krabiček s miniaturní dírkou místo objektivu, a černobílého fotografického papíru, který ukáže jedinečné obrazy slunečních drah a proměn krajiny v čase. „Já jsem solarografii objevil během svých fotografických experimentů v době, kdy jsem studoval astronomii. Náhodou jsem viděl reportáž v polské televizi o této technice a okamžitě mě zaujala. Protože spojuje fotografii a astronomii, zasáhla mě do slova na první pohled,“ vysvětluje Maciej Zapiór.

Cílem tohoto solarografického mítinku bylo prodiskutovat různé aspekty solarografie, tedy od jejích kořenů v konceptuálním umění a astronomii přes fo-

<sup>1</sup> Jana Žďárská: Analema a solarografie. Čs. čas. fyz. 74, 379–381 (2024).



**Obr. 1** „Solarografie si postupně získala oblibu nejen mezi umělci, ale i mezi astronomy a pedagogy.“ Foto: Maciej Zapiór



**Obr. 2** V červnu 2025 se v prostorách pražského Planeta uskutečnilo výjimečné setkání, věnované solarografii, kterého se účastnilo zhruba 60 účastníků z 12 různých zemí.

tografické chemické procesy, různé techniky a typy fotoaparátů až po právní aspekty a využití solarografie ve vzdělávání a osvětové činnosti. Účastníci se též zabývali obecnějšími aspekty prolínání vědy a umění. „Solarografie má svůj počátek na přelomu tisíciletí, kdy Diego López Calvín, Sławomir Decyk a Paweł Kula v roce 2000 představili projekt Solaris. Objevili, že běžný fotografický papír při dlouhodobém působení světla vytváří barevné obrazy i bez chemického vyvolání. Umístěním papíru do dírkové komory (camera obscura) a následným digitálním skenováním vznikla nová technika, zachycující dráhy Slunce na obloze během dnů, měsíců či dokonce celých ročních období. První solarografie se rychle šířily díky internetu a postupně si získaly oblibu nejen mezi umělci, ale i mezi astronomy a pedagogy,“ připomíná Maciej Zapiór.

Dnes je solarografie mezinárodně rozšířená a v Česku má své zastoupení například prostřednictvím Astronomického ústavu AV ČR a uměleckých projektů propojujících vědu, vzdělávání a současné umění. Postupně vznikly mezinárodní projekty i školní výukové programy a solarografie se stala mezinárodní praxí, která propojuje umělce, vědce i pedagogy. „Jedná se o projekty, jako je Circumnavigation in Time

# Cumulonimbus, oblak známý i neznámý

## Díl desátý – Blesky

Ivana Kolmašová<sup>1,3</sup>, Jana Žďárská<sup>2</sup>

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

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

<sup>3</sup> Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova

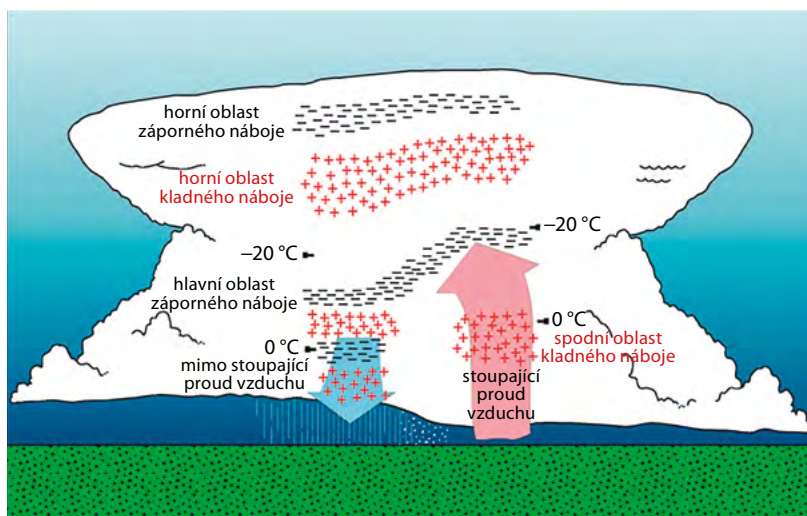
Blesk je silný přírodní elektrostatický výboj, vznikající během bouřky v bouřkovém oblaku cumulonimbu, a je provázen emisí světla. Elektrický proud protékající kanály bleskového výboje rychle zahřívá vzduch okolo kanálu, rychle se rozpíná a produkuje charakteristický zvuk hromu. Pojďme se společně podívat na to, co všechno je v současné době o blescích známo.

V minulých dvou dílech našeho seriálu o cumulonimbu jsme se podobně věnovali duze<sup>1,2</sup>. V tomto, již desátém díle se pokusíme objasnit další zajímavý meteorologický fenomén, kterým jsou blesky. Dozvíme se, jakým mechanismem blesk vzniká, jaké jsou v bouřkovém oblaku nábojové oblasti a proč se například blesky dělí na kladné a záporné.

Dva tisíce bouřek, jež probíhají současně po celé zeměkouli a pokrývají přibližně 1 % jejího povrchu, vyprodukuje každou sekundu 50 až 100 bleskových výbojů mířících z oblaku do země (CG – cloud-to-ground). Tento počet však představuje pouze přibližně 10 % všech bleskových výbojů – zbývajících 90 % vzniká mezi oblaky nebo uvnitř oblaku (mezioblačné nebo vnitrooblačné výboje, IC – inter-cloud nebo intra-cloud).

Cumulonimbus<sup>3</sup>, mohutný bouřkový oblak, který sahá až k horní hranici troposféry, je klíčovým místem, kde se bleskové výboje rodí. Ledové a vodní částičky, tzv. *hydrometeory*, tlačeny dolů gravitační silou a nesený vzhůru výstupnými proudy vzduchu, se srážejí a předávají si elektrický náboj. Těžší hydrometeory se zpravidla nabíjejí záporně a lehčí kladně. Tím se v bouřkovém oblaku vytvoří oblasti s hydrometeory nesoucími stejnou polaritu náboje (obr. 1), mezi nimiž vznikne elektrické pole. Bouřkový oblak si tedy můžeme představit jako obří sestavu baterií, která je zdrojem energie pro bleskový výboj.

Situace ovšem není tak jednoduchá, jak by se mohlo zdát: Elektrická pole naměřená v bouřkovém oblaku



**Obr. 1** Čtyři nábojové oblasti jsou zobrazeny v blízkosti výstupného proudu (*updraft*) a šest nábojových oblastí je znázorněno mimo výstupný proud, v konvektivní srážkové oblasti. Převzato z publikace [1]

dosahují jen desetiný průrazného napětí vzduchu [1]. Je tedy jasné, že do hry vstupuje ještě další faktor či faktory, kterým úplně nerozumíme. Jednou možností jsou lokálně zvýšená elektrická pole v blízkosti hrotů špičatých hydrometeorů, kde může nastartovat korónový výboj. Dalším aktérem mohou být spršky sekundárního kosmického záření, jež obsahuje i elektrony s energiemi vyššími než 100 keV. Takto rychlé elektrony se málo srážejí s okolními částicemi a stávají se tzv. ubíhajícími (*runaway*) elektrony, neboť urychlující síla elektrického pole bouřkového oblaku převládne nad brzdící silou způsobenou srážkami. Lavina ubíhajících elektronů lokálně zvyšuje ionizaci prostředí v bouřkovém oblaku a tím vlastně účinně snižuje potřebné průrazné napětí vzduchu [2, 3].

1 P. Zacharov, J. Žďárská: Cumulonimbus, oblak známý i neznámý. Díl osmý – Tornáda. Čs. čas. fyz. 75, 147–149 (2025).

2 P. Zacharov, J. Žďárská: Cumulonimbus, oblak známý i neznámý. Díl devátý – Kde leží duha. Čs. čas. fyz. 75, 235–237 (2025).

3 P. Zacharov, J. Žďárská: Cumulonimbus, oblak známý i neznámý. Díl první – Oblak. Čs. čas. fyz. 74, 60–62 (2024).

# Proba-3 a koronograf ASPIICS

## Zatmění Slunce na přání

Jana Žďárská

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

Proba-3 je unikátní mise Evropské kosmické agentury (ESA), která využívá technologii letu satelitů ve velmi přesné formaci. Tato technologie umožnila vznik obřího vesmírného koronografu s názvem ASPIICS. V pondělí 16. 6. 2025 proběhlo oficiální představení získaných dat z koronografu ASPIICS v Paříži na největším světovém veletrhu letecké a vesmírné techniky Air Salone v Le Bourget.

Klasická „přirozená“ úplná zatmění Slunce nastávají na Zemi v jedno- až dvouletých intervalech, když se Měsíc dostane do pozice mezi Zemí a Sluncem. „Úplné zatmění pak trvá několik málo minut a někdy dokonce jen několik desítek sekund. A tak jediná chyba při pořizování dat může zničit vše, protože nic se nedá opakovat,“ tak zněla slova držitele Nušlovky ceny Miloslava Druckmüllera<sup>1</sup>, který je znám v České republice i ve světě svými excelentními snímky sluneční koróny při zatmění Slunce.

Mise Proba-3 nyní vědcům umožňuje sledovat zatmění Slunce takřka „na přání“. Díky přelomové technologii vysoce přesného letu satelitů ve formaci dokáže mise Proba-3 a její koronograf ASPIICS pozorovat sluneční korónu v bezprecedentním detailu. A to i její vnitřní část, kterou jsme dosud mohli pozorovat jenom při úplných zatměních Slunce. „Proba-3 počas jedného šesťhodinového pozorovacieho okna prinesie toľko detailných pozorovaní slnečnej koróny, koľko získame počas úplných zatmení Slnka za jedno storočie,“ vysvětluje

<sup>1</sup> Miloslav Druckmüller, Jana Žďárská: Matematika a Slunce. Čs. čas. fyz. 74, 229–238 (2024).



**Obr. 1** Díky přelomové technologii vysoce přesného letu satelitů ve formaci dokáže mise Proba-3 a její koronograf ASPIICS pozorovat sluneční korónu v bezprecedentním detailu.



**Obr. 2** Mise Proba-3 je jedinečná tím, že disk, který zastiňuje Slunce, a dalekohled jsou na dvou různých družicích, a tedy daleko od sebe. Zdroj: ESA

Stanislav Gunár ze Slunečního oddělení Astronomického ústavu AV ČR.

Proba-3 je unikátní misí ESA, která poprvé využívá tzv. *formation flying*, tedy technologii autonomního letu satelitů ve formaci, kdy satelity udržují svou vzájemnou polohu s chybou menší než 5 milimetrů po dlouhou dobu. Vesmírný koronograf ASPIICS je distribuován na obou satelitech mise Proba-3, z nichž první nese zástin (tzv. umělý Měsíc) a druhý má na palubě teleskop koronografu.

Díky vzdálenosti 144 metrů a vzájemné poloze, kontrolované s milimetrovou přesností, dokáže ASPIICS pozorovat sluneční korónu v podmínkách blížících se úplnému zatmění Slunce. „Tým získame vedecké pozorovania z oblasti nízkej koróny, ktorá sa nachádza tesne nad okrajom slnečného disku,“ připomíná Stanislav Gunár a dodává: „Nízka koróna je dodnes najmenej preskúmanou oblasťou atmosféry Slnka. Je však aj miestom, kde dochádza k výronom koronálnej hmoty (tzv. Coronal Mass Ejections) a k zrodu slnečného vetra. Oba tieto fenomény tvoria podstatnú časť javu, ktorý voláme vesmírne počasie. Ide o súhrn vplyvov slnečnej aktivity na celú heliosféru a primárne na Zem. Jedným z najznámejších dôsledkov vesmírneho počasía sú po-

# Hledání druhé Země

Jana Žďárská

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

Vesmírná mise Evropské kosmické agentury PLATO odstartuje do vesmíru koncem roku 2026. Hlavními cíli mise bude hledání planet podobných Zemi u hvězd, jako je naše Slunce. V červnu 2025 bylo dosaženo důležitého milníku, když se podařilo nainstalovat všech 26 kamer včetně elektroniky na tělo družice. „Pokud by tyto exoplanety v očekávaném množství nebyly nalezeny, bylo by zřejmě nutno revidovat náš pohled na vesmír,“ podotýká k misi Dr. Petr Kabáth, vědecký koordinátor mise PLATO, z Astronomického ústavu AV ČR.

Mnoho z nás jistě uvažuje o tom, zdali je naše Země výjimečná. Při pohledu z vesmíru se jeví jako malá modrá tečka, kterou od života nepřátelského okolního prostředí odděluje tenoučká, ale životně důležitá „slupka“ – naše atmosféra. A díky ní na Zemi doslova bují život.

Zřejmě nejen astronomové přemýšlejí, zdali je někde další taková „Země“? V areálu Astronomického ústavu v Ondřejově trůní známá socha žáby, která se prostřednictvím Nerudových Písní kosmických s hlavou pozvednutou k nebi ptá, „jsou-li tam žáby taky?“. A Carl Edward Sagan, americký astronom, astrofyzik, popularizátor vědy a spisovatel, uvažoval o možnostech života v plyné atmosféře Jupitera a o tom, kdo nebo co by mohlo na tyto otázky odpovědět? „V roce 1975 Carl Sagan skutečně publikoval v *Astrophysical Journal* článek, kde popisoval, jak by mohl vypadat život na Jupiteru,“ podotýká Petr Kabáth. „On totiž vše důkladně propočítal a navrhl i mechanismus, jak by takový život v Jupiterově atmosféře na bázi vodíku a hélia mohl fungovat. Dle jeho predikcí by se v jeho atmosféře vznášeli „plavci“ a kolem by se pohybovali „lovci“, kteří by lovíli ty plavce. Proto je třeba počítat s tím, že život ve vesmíru může vypadat i velmi odlišně od toho, jak jej známe.“

V současné době je potvrzeno již více než 5 000 exoplanet. Těch dobře prozkoumaných je však jen několik stovek. Nejvíce astronomům chybí ty malé, velikostí podobné Zemi, které by mohly mít atmosféru, a tedy i podmínky příhodné pro vznik života. „Předpokládáme, že by se taková exoplaneta musela pohybovat v tzv. obyvatelné zóně u své mateřské hvězdy. Tedy v takové vzdálenosti od hvězdy, která umožňuje udržet kapalnou vodu. Kupříkladu Venuše ani Mars se v této zóně nepohybují. Tuto výsadu má v naší Sluneční soustavě pouze Země,“ vysvětluje Petr Kabáth.

Na tyto otázky by mohly odpovědět vesmírné mise, které po exoplanetách pátrají. Například mise PLATO (PLANetary Transits and Oscillations of Stars) bude hledat především dvojice naší Země – tedy exoplanetu, která obíhá okolo své hvězdy podobné našemu Slunci tak jako Země. „Domníváme se, že by PLATO měla objevit několik desítek takových planet. Pokud se tak ale nestane, budeme se muset ptát – zda jsme jako lidé skutečně tak jedineční a proč? A budeme muset přehodnotit fyzikální pohled na vesmír tak, jak ho známe,“ připomíná Petr Kabáth.



Obr. 1 „Domníváme se, že by mise PLATO měla objevit několik desítek planet podobných Zemi,“ podotýká Petr Kabáth. Kredit: ESA, M. Pédoussaut

Mise PLATO by měla hledat sluneční soustavy podobné té naší. Po jejím startu, který je plánován na rok 2026, bude monitorovat zhruba milion jasných hvězd. Vědci v této souvislosti očekávají velké množství systémů s kandidáty na planety. Ty bude nutno dále ze Země pozorovat a potvrdit nebo vyvrátit, zda opravdu jde o exoplanety. Takovýchto kandidátů budou tisíce, a proto bude třeba i tisíce hodin pozorovacího času. Planety bude možné pozorovat i dalekohledy, jako je Perkův dvoumeetrový dalekohled nebo také dvoumeetrový dalekohled Alfreda Jenschke na observatoři Tautenburg v Německu či nově dalekohled E152 s přístrojem PLATOSpec v Chile.

Mise PLATO Evropské kosmické agentury (ESA) začne od roku 2027 hledat planety podobné Zemi okolo hvězd slunečního typu. V červnu roku 2025 překročila mise významný milník v přípravě, kdy byla úspěšně nainstalována na modul vesmírné lodi optická lavice s 26 kamerami. V současné době zbývá ještě nainstalovat solární panely. „Česká republika je do mise aktivně zapojena v oblasti vývoje hardwaru a softwaru, stejně jako ve vědecké oblasti,“ připomíná Petr Kabáth. „Bude zajišťovat provoz přístroje ve vesmíru a komunikaci se Zemí. Tento krok uskutečnila společnost OHB v německém Oberpfaffenhofenu. Celou misi vědecky zajišťuje Německá agentura pro výzkum vesmíru (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt; www.dlr.de).“

# Mineralogická krystalografie

Jana Žďárská

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

Krystalografie umožňuje analýzu krystalové struktury krystalů a je velmi důležitá pro mnoho dalších vědních oborů, jako jsou chemie, biochemie, geologie či biologie. Rozplétání složitých krystalických struktur a objevování nových minerálů je důležitou oblastí vědeckého výzkumu. Mgr. Jakub Kopecký Plášil, Ph.D., z Fyzikálního ústavu AV ČR byl nyní za tento výzkum oceněn cenou Evropské mineralogické unie. K tomu říká: *„Je stále složitější dosáhnout takového objevu, kterému bychom mohli říct bez příkras ‚velký‘, protože neprozkoumaného prostoru rapidně ubývá. Ty velké, přelomové objevy, jako jsou radioaktivita nebo vlnová funkce, se už uskutečnily. Nyní skládáme tu stejnou mozaiku jemněji, věnujeme se minuciózní práci a soustředíme se na menší a fajnovější detaily.“*

Jakub K. Plášil působí jako vedoucí vědecký pracovník Skupiny mineralogické krystalografie, která se zaměřuje na studium struktury a chemismu environmentálně důležitých minerálů. Jedná se často o přírodní hydratované soli kyslíkatých anorganických kyselin, které obsahují často těžké kovy, jako například Bi, Pb, Sb, nebo U či Th. Mezi další důležité objekty studia zmiňované vědecké skupiny patří struktury složitých sulfantimoničnanů a sulfoarseničnanů obsahujících těžké kovy, kupříkladu thallium či vizmut, a produkty jejich zvětrávání. Skupina se věnuje také řešení a upřesňování složitých krystalových struktur, a to zejména zdvojitých krystalů. Zabývá se též strukturní analýzou a popisem nových minerálů. Jakub K. Plášil je doposud autorem nebo spoluautorem více než 120 nových minerálů popsaných v přírodě. *„Mineralogie mě zaujala už jako malého kluka, když jsem našel svůj první vltavín, koukal po skalách a jejich rozličné barevnosti, navštívil poprvé mineralogickou sbírku v Národním muzeu. Minerály mě začaly fascinovat. Sice jsem na nějakou dobu v raném dospívání změnil obor, neboť jsem se chtěl stát profesionálním astronomem, nicméně prozřetelnost asi chtěla, abych se stal mineralogem,“* podotýká s úsměvem Jakub K. Plášil. *„Na Štefánikově hvězdárně jsem se seznámil s Davidem Rajmonem, což je absolutní geologie na PřF UK v Praze. Zabýval se planetologií a diplomoval u Petra Jakeše. David mě trochu postrčil dál k ‚šutrům‘ a já jsem zjistil, že je to vlastně asi to, co bych chtěl v životě dělat. Za to jsem mu nesmírně vděčný, byť on o tom asi ani neví. Bylo to z jeho strany zcela nenucené – ale pravděpodobně nutný impuls k nastoupení mé další dráhy.“*

Jakub K. Plášil získal za svoji výzkumnou činnost významné ocenění Evropské mineralogické unie Research Excellence Medal za rok 2024. *„Já jsem to ani nečekal, protože se nevěnuji úplně věcem, které jsou, jak se dneska říká, v kurzu. Ocenění považuji především za uznání české krystalografie a mineralogie, protože tento obor tu má velmi dlouhou tradici již od druhé poloviny 19. století. A já jsem moc rád, že v tom*



**Obr. 1** Minerál čejkait na vzorku z Jáchymova. Čejkait je uranyl-karbonát tetrasodný, bezvodý. Pojmenován byl na počest Ing. Jiřího Čejky, DrSc., (který byl v letech 2012–2025 ředitelem Přírodovědeckého muzea NM v Praze), kolegy, přítele a spoluautora studií o uranových minerálech. Skutečná struktura čejkaitu byla objasněna Jakubem K. Plášilem v roce 2013. Horizontální rozměr fotografie odpovídá 4,5 mm. Foto: Stephan Wolfsried

*mohu pokračovat, rozvíjet a dělat to, čemu věřím, že dává smysl,“* doplňuje mladý vědec. *„Dělám klasickou krystalografii a na první pohled není úplně každému zřejmé, že jde o mezioborový nebo multidisciplinární výzkum. Příliš neinzerujeme, že děláme kvalitní výzkum. Nemám to ve zvyku, a proto jsem ani nečekal, že si toho ve světě někdo všimne. Někdy je trošku konzervativnější přístup a vzdor potřebný už i proto, že obor mineralogie postupně na univerzitách mizí. A to je velká škoda. Mizí nám tím část know-how, část našeho společného vědění.“*

Jakub K. Plášil se zabývá zejména minerálními strukturami a strukturami anorganických látek. V rámci tohoto výzkumu řeší, proč, kde a za jakých podmínek minerály vznikají. Věnuje se též složitým strukturám minerálů známých mnoho let, jejichž strukturu se doposud nikomu z vědců nepodařilo vyřešit, ačkoliv metody pro jejich výzkum prodělaly během posledních 20 let obrovský vývoj. *„Tím, že*

# Ústav fyziky materiálů

## Představování ústavů AV ČR, díl 3.

Tomáš Kruml<sup>1</sup>, Jana Žďárská<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ústav fyziky materiálů AV ČR, Žižkova 513/22, 616 00 Brno; kruml@ipm.cz

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

Posláním Ústavu fyziky materiálů je objasňovat vztah mezi chováním a vlastnostmi materiálů a jejich strukturními a mikrostrukturními charakteristikami. Prioritní je výzkum pokročilých kovových materiálů a kompozitů na bázi kovů ve vztahu k jejich mikrostruktuře a způsobu přípravy. Smyslem výzkumu je optimalizace užitečných vlastností materiálů a predikce jejich provozní životnosti teoretickými a výpočetními metodami podloženými experimenty.

Cílem seriálu o výzkumných ústavech Akademie věd (AV) ČR je představit jednotlivé výzkumné ústavy skutečně detailně a přinést vám, našim čtenářům, co možná nejvíce kompletní informace. Proto jsme se rozhodli popsat nejen vznik daného ústavu, jeho historii a zaměření, ale požádali jsme o rozhovor o výzkumném zaměření instituce a také vizích i jeho ředitele.

V tomto díle seriálu<sup>1,2</sup> o ústavech AV bychom vám rádi představili Ústav fyziky materiálů (ÚFM), který sídlí v ulici Žižkova 513/22 v Brně. Historie ÚFM se datuje od roku 1955, kdy byl začleněn do tehdy nově vzniklé Československé akademie věd. Od té doby je neustále rozvíjen až do dnešní podoby. V současné době zaměstnává 165 pracovníků, z toho nadpoloviční většinu tvoří pracovníci s vědeckou kvalifikací a doktorandi.

Ústav vznikl z Laboratoře pro studium vlastností kovů, která byla založena v roce 1955 jako součást Čes-



**Obr. 2** „Myslím si, že ÚFM je dlouhodobě mezinárodně známé pracoviště s vědci, kteří mají světovou úroveň,“ připomíná Tomáš Kruml.

koslovenské akademie věd. V roce 1963 byl název změněn na Ústav vlastností kovů a v roce 1969 na Ústav fyzikální metalurgie. Nynější název byl přijat v roce 1994. V roce 2007 byl změněn statut ústavu na veřejnou výzkumnou instituci.

Zakladatelem a zároveň prvním ředitelem ústavu byl prof. Dr. Ing. Přemysl Ryš, DrSc.<sup>3</sup> V čele ústavu se doposud vystřídal šest ředitelů – tím současným je prof. Mgr. Tomáš Kruml, CSc.

Ústav se člení na dvě vědecká oddělení a jedno oddělení servisní. Vědecká oddělení se dále rozděluje na celkem osm vědeckých skupin. „Oddělení mechanických vlastností se skládá z pěti vědeckých skupin. Je zaměřeno na výzkum fyzikální podstaty procesů probíhajících v materiálech během creepu, únavy, jejich spolupůsobení a dalších případů mechanického zatížení. Vlastnosti materiálů jsou zkoumány v relaci k technologickému postupu při jejich přípravě a k mikrostruktuře a jejím změně v průběhu působení vnějších sil. Významnou částí naší činnosti je i vývoj nových materiálů a spolupráce s průmyslovými podniky,“ připomíná Tomáš Kruml. Pozornost je věnována materiálům vyrobeným aditiv-



**Obr. 1** Ústav fyziky materiálů AV ČR sídlí v Brně a vznikl v roce 1955, kdy byl začleněn do vzniklé Československé akademie věd.



# TÝDEN AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY

## 3—9/11/2025

Objevujte pracoviště AV ČR

WWW.TYDENAVCR.CZ



## Abstracts of selected articles

**Michal Zajaček:**

**Gold „mines“ in the Universe: About the origin of gold and how it helps us today with exploration of the Universe**

Gold is one of the rare and therefore precious metals, popular as a jewellery component, and also for expressing wealth. In the past, gold influenced the course of entire empires and states, wars were fought over it, and it changed the fate of individual human lives. If looking at gold objects evokes something extraterrestrial in you, it is not just an impression. Gold was actually formed in space during energetic events, such as neutron star collisions, giant eruptions on magnetars, and even exotic types of supernovae.

**Jaroslav Klokočník, Jan Kostecký, Aleš Bezděk:**  
**Polar caps of the Moon or the shy Moon**

A hundred years ago, astronomers were certain that there could not be any water on the Moon. Thanks to technological progress in the last fifty years, this view has changed, and astronomers no longer have the main say in this subject. Water exists on the Moon, but of course only below the surface. It was first sought and found at the poles, but we now know about water outside the polar regions. It occurs in the form of water ice in the lunar regolith (i.e., in the porous surface layer, decimetres to tens of meters thick, consisting of crushed rocks and dust formed by the impacts of meteorites and cosmic radiation), and also as underground lakes. Our new study regarding the discovery of the Moon's polar caps works with the parameters of the Moon's global gravitational field, obtained from long-term measurements from lunar orbiters. The method brings arguments about significant differences in the representation of underground water between the polar and non-polar regions of the Moon and identifies specific places, so far at the South Pole, where water is more likely to occur than elsewhere. Our approach is independent of others used.

**Zdeňka Hájková, Aleš Vlk, Martin Ledinský:**

**The Path Towards Photovoltaics with Efficiencies Exceeding 30%**

Photovoltaics, the direct conversion of solar radiation into electrical energy, is becoming increasingly popular as a virtually unlimited, silent, and emission-free source of energy. It relies on the absorption of light in semiconductors, currently dominated by silicon. This article outlines the working principles of a solar cell, including the role of the PN junction. It also presents the progress in the maximum power conversion efficiency achieved by silicon solar cells over time. Finally, the text explains why the fabrication and

deployment of tandem cells, which combine conventional crystalline silicon with a thin film of halide perovskite, are considered a leading pathway for the future development of photovoltaics.

**Petr Bulušek, Pavla Musilová, Jana Musilová:**  
**Hodge operator and its practical use, part III**

The calculus of differential forms, including the issue of the Hodge operator, is a powerful tool for effective mathematical notation of key relations of physical theories. In the first and second parts of this article, we introduced the algebraic and analytical basis of this calculus and showed its use in expressing differential operators in completely general curvilinear coordinates. In this third and final part, we focus on the applications of differential forms and Hodge operator in physics' applications, specifically in electrodynamics. We present an alternative notation of Maxwell's equations in three-dimensional and four-dimensional form, for which the algebraically and geometrically natural representation of the Lorentz force and the electromagnetic field tensor using differential forms is decisive. This part of the article also falls into the (more advanced) area of university physics education.

**Jan Valenta:**

**Building the war research institute Versuchsanstalt Waffen-Union in the location of Mining academy in Příbram 1943–45**

The Mining academy (VSB) in Příbram was just celebrating its 90<sup>th</sup> anniversary when it was closed, as was the case with other Czech universities, by German occupants on November 17, 1939. The VSB buildings were eventually acquired by the research institute Versuchsanstalt Waffen-Union (VA WU), Píbrams. The WU syndicate primarily consisted of three arms companies: Skoda Works (SZ) Plzeň, Zbrojovka (Arms Factory) Brno and Explosia Semtín. The VSB premises were first thoroughly adapted, which caused a major delay in wartime conditions. Research work did not begin effectively until the end of the summer of 1944, when part of the Physical Research Institute of SZ from Prague-Smíchov and, significantly, the large group of Rolf Engel from Grossendorf moved to the premises. Engel was a German rocket pioneer, who developed solid-fuel rockets and also computing machines. He was entrusted with the research management of the entire VA WU institute, but the Reich did not receive much "benefit" from his activities. The end of the war meant not only a quick end to the VA WU, but also to the VSB in Příbram, as the school was relocated to Ostrava. Probably, nobody expected that soon the exceptionally rich resources of uranium were going to be discovered south-east of Příbram, where this strategic material started to be mined in 1949.



Akademie věd  
České republiky



# Věda ve službách veřejnosti

Výstava Strategie AV21



1. 10. — 16. 11. 2025  
Galerie Věda a umění

Akademie věd ČR, Národní 3, Praha 1  
Vstup volný / Po—Pá 10.00—18.00

STRATEGIE AV21