

Př

PŘÍRODOVĚDCI.CZ

Magazín Přírodovědecké fakulty
Univerzity Karlovy 04/2024

TÉMA ČÍSLA

BARVY

Biochemie barevného vidění

12

Komplexy – kovoví chameleoni

18

Všechny barvy světa

32



**Díky,
Neurone,
že jsi mi
splnil můj
vědecký sen!**

„Laboratorní metody, o kterých jsem dříve pouze četla, mohu nyní zkoušet v praxi.“ **Terezie**, studentka

**Inspirujte se
příběhy těch
nejlepších.**





Obsah



MILÍ ČTENÁŘI,

tématem aktuálního vydání Přírodovědců jsou barvy. Díky barvám vidíme svět, ve kterém žijeme, a žije se nám v něm mnohem pestřeji a barevněji, než některým jiným zvířatům či živočichům, jež toto štěstí nemají. Když si viditelné světlo rozložíme, dokážeme vidět základní barvy, kterých je jen pár a tyto barvy jsme schopni v našich očích přístupným vlnovým délkám vnímat v jejich nesčetných kombinacích.

Dobře si pamatuji, jak jsem si kdysi kdesi našel anglické názvy barev, a to vždy s ukázaným „vzorkem“ této barvy, aby se je student mohl naučit a při učení měl barvy před očima. Vzhledem k počtům ukázaných barev, které řádově převyšovaly obvykle uváděný nanometrový rozsah 380 až 760 nm, se kterým si lidské oko umí poradit, jsem pochopil, že je to pro mne nadlidský úkol.

To však vůbec nebrání v tom, aby měl člověk z barev potěšení, aby mu pomohaly orientovat se při práci i odpočinku, v přírodních vědách a vlastně všude a kdykoliv, když zrovna není černočerná noc. Barvy dělají náš svět zábavnějším, krásnějším, pochopitelnějším a věřím, že i lepším místem k žití. Užijte si proto všechny informace o světle, které na následujících stránkách naleznete.

Příjemné čtení přeje

Prof. RNDr. Jiří Zima, CSc.

Katedra analytické chemie PŘF UK

CO NOVÉHO

- 4 | Do nového roku s novým děkanem
- 4 | Předvánoční koncert v Karolinu
- 5 | Česká hlava ve fakultních barvách
- 6 | Podívat se papouškům do peří
- 7 | Úspěchy fakultní buněčné biologie

TÉMA – BARVY

- 8 | Světlo a barevný svět kolem nás
- 12 | Biochemie barevného vidění
- 14 | Barvy v živé a neživé přírodě
- 16 | Jak barvy odhalují skrytý svět
- 18 | Komplexy – kovoví chameleoni
- 20 | Radioaktivita v barvách světa
- 22 | Neviditelné barvy
- 24 | Chemie na malířském plátně

ROZHOVOR S PŘÍRODOVĚDCEM

- 26 | Řešit složité problémy jednoduše

PŘÍRODOVĚDCI UČITELŮM

- 28 | Do chemických hlubin po devátě

STUDENTI

- 29 | Přírodovědci sobě 2024

KULTURA

- 30 | Fakulta na stránkách románu
- 30 | Výstava Fotografický atlas rostlin ČR

NAŠE PUBLIKACE

- 31 | Příroda, jak ji neznáte
- 31 | Staň se geoložkou!

PŘÍRODOVĚDCI OBRAZEM

- 32 | Všechny barvy světa

PŘÍRODOVĚDA AKTUÁLNĚ

- 36 | Snazší cesta k polypropylenu

TIP NA VÝLET

- 37 | S chemií za zády

CHEMICKÉ KURIOZITY

- 38 | Jak se žije s arsenem

4 | 2024 | ROČNÍK XIII.

NÁZEV

Přírodovědci.cz – magazín
Přírodovědecké fakulty Univerzity
Karlovy

PERIODICITA

Čtvrtletník

CENA

Zdarma

DATUM VYDÁNÍ

16. 12. 2024

NÁKLAD

12 000 ks

EVIDENČNÍ ČÍSLO

MK ČR E 20877 | ISSN 1805-5591

EDITOR

Petr Souček
petr.soucek@natur.cuni.cz

REDAKČNÍ RADA

GEOLOGIE
Mgr. Lukáš Laibl, Ph.D.
Mgr. Filip Tomek, Ph.D.

GEOGRAFIE

RNDr. Jakub Jelen, Ph.D.
RNDr. Tomáš Matějček, Ph.D.

BIOLOGIE

Mgr. Martin Čertner, Ph.D.
Mgr. Petr Šípek, Ph.D.
Mgr. Veronika Rudolfová

CHEMIE

RNDr. Pavel Teplý, Ph.D.
doc. RNDr. Petr Šmejkal, Ph.D.
prof. RNDr. Jan Kotek, Ph.D.

KOORDINÁTOR PROJEKTU

Mgr. Michal Andrlé, Ph.D.
michal.andrle@natur.cuni.cz

KOREKTURY

imprimis

GRAFIKA

Štěpán Bartošek

TISK

Trianglprint

ILUSTRACE NA OBÁLCE

Foto Petr Jan Juračka

YDAVATEL | ADRESA REDAKCE

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta
Albertov 6, 128 00 Praha 2
IČO: 00216208 | DIČ: CZ00216208

www.natur.cuni.cz

Přetisk článků je možný pouze se
souhlasem redakce a s uvedením zdroje.

© Přírodovědecká fakulta
Univerzity Karlovy 2024

Do nového roku s novým děkanem

Členové akademického senátu rozhodli, kdo povede fakultu v příštích letech

Na mimořádném volebním zasedání Akademického senátu PŘF UK dne 24. října 2024 byl kandidátem na děkana PŘF UK zvolen docent Vladimír Krylov. Obdržel 15 hlasů z celkových 28 možných. 12 hlasů získal protikandidát prof. Jan Černý, jeden hlas byl prázdný. Funkční období nového děkana začalo 1. prosince, do funkce bude slavnostně inaugurován rektorkou Univerzity Karlovy prof. Milenou Králíčkovou dne 16. prosince.



Foto Petr Jan Juračka

Docent Krylov působil od roku 2020 jako proděkan pro vědu, výzkum, vědecké informace a akademické

kvalifikace, přenos poznatků a technologií. Před tím byl 11 členem zaměstnanecké komory akademického

senátu. Jeho domovskou katedrou je katedra buněčné biologie, kde vede Laboratoř vývojové biologie. Ta se mimo jiné zabývá regenerací příčně pruhované a srdeční svaloviny s využitím Sertoliho buněk na modelu pulců a dospělců drápatky tropické (*Xenopus tropicalis*) a drápatky vodní (*Xenopus laevis*). Mimo fakultu je dlouholetým členem oborové radě Grantové agentury Univerzity Karlovy (GA UK) v sekci B – přírodní vědy. Více se o jeho plánech dozvíte v rozhovoru na webu fakulty. ●

Předvánoční koncert v Karolinu

Studenti a zaměstnanci fakulty se opět sešli na tradiční akci

Na Předvánočním koncertě PŘF UK ve Velké aule Karolina proběhlo slavnostní udílení Cen děkana a pamětních stříbrných medailí. Z rukou nového děkana PŘF UK doc. Vladimíra Krylova a končícího děkana prof. Jiřího Zímy převzali i tentokrát ceny ti nejlepší absolventi bakalářských, magisterských a doktorandských oborů a mladí vědecko-pedagogičtí pracovníci. Uděleny byly rovněž i stříbrné pamětní medaile PŘF UK.



Foto Michal Vajs

Nedílnou součástí Předvánočního koncertu je vyhlášení vítězů soutěže Věda je krásná. Ta se letos konala již po třinácté. Odborná porota vybírala z fotografických a výtvarných příspěvků

ve čtyřech soutěžních kategoriích, vítěze soutěže v kategorii Objevitelská si zvolila široká veřejnost. Partnerem toho letošního byla společnost Foto Škoda. Vítězné práce si můžete prohlédnout

po načtení QR kódu. Všechny snímky přihlášené do soutěže naleznete na webu vedajekrasna.cz.

Samotný Předvánoční koncert provedlo vícežánrové smyčcové kvarteto *Unique Quartet* se zbrusu novým vánočním programem „Světlo Vánoc s Unique Quartet“, jehož obsahem byla hudba z českých vánočních filmů a vánoční koledy. ●



Česká hlava ve fakultních barvách

Imunolog Jan Dobeš získal nejprestižnější české vědecké ocenění

Ve Finsku, Norsku, nebo dokonce v malé vesnici na italské Sardinii se častěji objevují pacienti s mutací genu AIRE, který je klíčový pro správné fungování imunitního systému. Tito pacienti trpí autoimunitními onemocněními a zároveň opakovanými kvasinkovými infekcemi. Proč imunitní systém na jedné straně přehnaně útočí na vlastní tělo a způsobuje cukrovku a jiná autoimunitní onemocnění, a na druhé straně není schopen se bránit kvasinkám, které by za normálních okolností zlikvidoval?

Tato léta neobjasněná záhada se nedávno dočkala rozluštění. Zasloužili se o ně vědci z Laboratoře mikrobiální imunologie pod vedením dr. Jana Dobeše. Tento objev nezůstal ve vědeckém světě bez povšimnutí – Jan Dobeš byl v listopadu za svůj přínos oceněn Českou hlavou v kategorii INVENCE. Cena, kterou zaštiťuje společnost ABB, se udílí za objev či mimořádný počin uskutečněný v posledních několika letech v oblasti základního nebo aplikovaného výzkumu či za technologickou inovaci s přihlédnutím k perspektivě využitelnosti v praxi.

A jaká je přesně podstata tohoto objevu? Autoimunitní regulátor (gen AIRE) je proteinem, který hraje zásadní roli při školení bílých krvinek v brzlíku. Tam se bílé krvinky učí rozlišovat mezi buňkami vlastního těla a škodlivými



Foto Petr Jan Juračka

cizími vetřelci, na které má imunitní systém reagovat. Pokud bílé krvinky udělají chybu a reagují na vlastní buňky, jsou nemilosrdně zničeny, aby se zabránilo vzniku autoimunitních onemocnění.

Pokud je gen AIRE mutován, vznikají v tomto procesu chyby. Bílé krvinky nejsou dostatečně vyškolené a napadají vlastní tělesné buňky, což vede k autoimunitním onemocněním. To bylo ovšem známo již dříve. Dlouho však zůstávalo záhadou, proč pacienti se stejnou mutací zároveň trpí častými kvasinkovými infekcemi, proti kterým nedokáže jejich imunitní systém účinně bojovat.

Vědcům pod vedením Jana Dobeše se tuto záhadu podařilo vyřešit. Objevili další skupinu buněk v lymfatických

uzlinách, které také produkují gen AIRE. Tyto buňky jsou klíčové pro aktivaci bílých krvinek, což jsou buňky zodpovědné za boj proti kvasinkovým infekcím. U pacientů s mutací v genu AIRE však bílé krvinky nedostávají potřebné signály, že se v těle rozmáhá kvasinková infekce, a nemohou tak proti infekci zasáhnout a kvasinková infekce může v těle volně bujet.

Výzkum nejen objasnil jednu ze záhad imunologie, ale také ukázal, jakým způsobem imunitní systém bojuje proti kvasinkovým infekcím. ●



ČESKÁ HLAVA



Podívat se papouškům do peří

K rozřešení záhady papoušcích pigmentů přispěli i čeští vědci

VERONIKA RUDOLFOVÁ

Doktor Jindřich Brejcha z Katedry filosofie a dějin přírodních věd PŘF UK je jedním ze tří hlavních autorů studie, která nedávno vyšla v prestižním časopise *Science*. Mezinárodní konsorcium vedené vědci z portugalského výzkumného centra BIOPOLIS-CIBIO v ní odhalilo, jak vzniká krásné zbarvení papouščího peří. Na studii se kromě portugalských a amerických vědců významně podíleli také tři vědci čeští: již zmíněný doktor Jindřich Brejcha, docent Peter Mojzeš z Matematicko-fyzikální fakulty UK a doktor Petr Maršík z České zemědělské univerzity v Praze.

Papoušci by opravdu mohli být synonymem pro barevnost, jelikož téměř všechny druhy jsou výrazně zbarvené, a to zejména červeně nebo žlutě (mimochodem zelená barva je vlastně také žlutá, ale na modrém pozadí). Už na konci 19. století bylo jasné, že barviva v peří papoušků jsou odlišná od všech ostatních červených a žlutých pigmentů vyskytujících se v peří ptáků či srsti jiných zvířat. Dostala proto svá vlastní pojmenování. Červenému pigmentu se říkalo „araroth“ (podle papouška ary a slova roth, pro jehož původ existuje více vysvětlení, např. prolévání krve, zbarvení červené hlíny) a žlutý pigment měl označení „psittakofulvin“ (z řeckého psittakós a latinského fulvus, tedy papoušek a žlutá).

Označení psittakofulviny se nakonec vžilo pro všechny papouščí pigmenty a teprve na začátku 21. století byla odhalena jejich detailní chemická struktura. Avšak až do dnešního dne se pouze spekulovalo o tom, jak přesně vlastně žlutá a červená barva papoušků vzniká. Je snad rozdíl v uspořádání pigmentů v peří nebo



Modelovým druhem pro studii byl indonéský druh papouška lori tmavý (*Pseudeos fuscata*), který se v přírodě vyskytuje ve dvou morfách – žluté a červeně zbarvené.

Ilustrace Kristýna Eliášová

ve velikosti molekul psittakofulvinů? Oproti původní představě psittakofulvinů jako jedné látky se nyní ukázalo, že opravdu existují dvě chemické formy těchto barviv. Jedna z nich, tzv. aldehyd, byla známá právě již od roku 2001.

Druhou formu vědecký tým potvrdil ve své nové studii. Ta navíc odhaluje detailní molekulární mechanismus, díky kterému dochází k přeměně aldehydového psittakofulvinu na karboxylovou kyselinu. Oproti předchozím výzkumům tak nyní už víme, že papouščí pigmenty vznikají nejen spojováním 2 až 3 krátkých uhlíkových molekul proteinem polyketid syntetáza, ale i to, že primárním výsledkem syntézy není karboxylová kyselina, ale právě aldehyd, který je na karboxylovou kyselinu řízeně upravován. „To byla jedna

z nesrovnalostí, které nás vedly k tomu, že musí existovat opravdu dvě formy psittakofulvinů. Předchozí molekulární studie totiž nedokázala vysvětlit, co je výsledkem syntézy, protože by to musela být jiná forma psittakofulvinu, než kterou v peří papoušků nacházeli výzkumníci ve všech ostatních studiích. Zřejmě to bylo tím, že jedni si vybrali žlutého papouška, zatímco všichni před nimi studovali papouška červeného,“ vysvětluje Jindřich Brejcha.

Více o studii se dozvíte po načtení QR kódu.



Úspěchy fakultní buněčné biologie

Špičkové biologické výzkumy získaly významnou podporu



Foto Petr Jan Juračka



Foto archiv Matouše Vobořila

CONSOLIDATOR GRANT PRO KLÁRU HLOUCHOVOU

Ve svém výzkumu se vrací až ke vzniku života na Zemi. Spát jí nedá především 20 aminokyselin, které od samého počátku tvoří bílkoviny všech organismů od těch nejjednodušších až po člověka. Jak by vypadal život, kdyby se jejich počet změnil, a mohl by vůbec vzniknout? Těmito otázkami se zabývá dr. Klára Hloučová z Katedry buněčné biologie PŘF UK. Odpovědi na ně mohou hrát důležitou roli pro rozvoj syntetické biologie a konstruování syntetických organismů, jež by se mohly využívat například při vývoji léčiv. Výzkum svého týmu nyní může rozvíjet i díky tomu, že v prosinci získala *ERC Consolidator grant*, kterým Evropská výzkumná rada (ERC) podporuje projekty, jež mají potenciál zásadně posunout hranice lidského poznání.

Klára Hloučová je absolventkou biochemie na Přírodovědecké fakultě UK, kde obhájila i svou dizertaci. Jako

postdoktorandka pobývala na University of Colorado Boulder v USA, kde se pod vedením profesorky Shelley Copley věnovala evoluci bílkovin a metabolických cest a spolupracovala i na projektu financovaném NASA Astrobiology Institute. V současné době vede vlastní Laboratoř syntetické biologie na Katedře buněčné biologie PŘF UK. Jako jedné z mála vědkyň a vědců působících v ČR se jí podařilo získat opakovaně grant *The Human Frontier Science Program*. Její výzkum podpořila také nadace VW Stiftung a Univerzita Karlova, která ji udělila grant Primus určený perspektivním vědcům a vědkyním na rozjezd vlastního výzkumného týmu a projektu.

JUNIOR STAR GRANT PRO MATOUŠE VOBOŘILA

Dr. Matouš Vobořil z Katedry buněčné biologie PŘF UK získal prestižní *Junior Star grant* Grantové agentury ČR. Díky němu si může mladý vědec na fakultě

založit vlastní laboratoř a výzkumný tým. Ve svém výzkumu se věnuje tzv. centrální toleranci. Jedná se o procesy, které probíhají v brzlíku a jsou zásadní ve „vzdělávání“ našeho imunitního systému, zejména T buněk. Brzlík funguje jako přísné „výcvikové středisko“, kterým projde jen velmi malá část „branců“ (T buněk). Ti, kteří tento výcvik úspěšně dokončí, jsou nejen připraveni bojovat proti různým patogenům, jako jsou bakterie či viry, ale zároveň jsou trénováni tak, aby neublížovali našemu tělu. V brzlíku, podobně jako v jakémkoliv výcvikovém středisku, působí i celá řada učitelů a trenérů (dalších buněk imunitního systému), kteří mají různé role při výuce T buněk. Jedněmi z těchto trenérů jsou tzv. dendritické buňky. Hlavním výzkumným cílem grantu je studovat specifický typ „trenérů“ – tranzitní dendritické buňky, které mají schopnost migrovat z místa zánětu do brzlíku a rychle cvičit nové T buňky, tak aby nereagovaly proti našemu vlastnímu tělu. ●



Světlo a barevný svět kolem nás

... aneb elektromagnetické
záření trochu zešíroka

JAN KOTEK

Už třetí řádek knihy Genesis praví: „I řekl Bůh: „Budiž světlo!“ Z toho vidíme, jak velký význam přikládali světlu již sepisovatelé Starého zákona. Na odhalení podstaty světla ale lidstvo čekalo ještě několik tisíc let. Neobešlo se to ovšem bez mnoha slepých uliček. Podle některých antických filozofů byly zdrojem světla oči a rychlost jeho šíření byla nekonečná (viděli jsme i vzdálené hvězdy hned poté, co jsme oči otevřeli). Podle jiných myslitelů světlo jen staticky vyplňovalo prostor. Jiní sice správně usoudili, že by se mělo šířit konečnou rychlostí, ale určit tuto rychlost se jim nedařilo. Při zpětném pohledu a znalosti rychlosti světla, které uletí téměř 300 000 kilometrů za jednu sekundu, nám ještě relativně nedávné experimenty se zakrýváním a odkrýváním luceren na kopci vzdáleném několik kilometrů a stopování rozdílu času na kapesních hodinkách připadají jako velmi naivní.

NA SPRÁVNÉ STOPĚ

První rozumný odhad poskytlo měření oběžné doby největšího z Jupiterových měsíců, Io, které prováděl dánský astronom Ole Rømer na konci 17. století. Doba oběhu měsíce Io činí necelé dva dny. Rømer sledoval, kdy měsíc zajde do Jupiterova stínu a kdy z něj opět vyjde. V případě, že se Jupiter a Země vůči sobě přibližovaly, byla pozorovaná oběžná doba měsíce Io kratší, než když se od sebe Země a Jupiter vzdalovaly. Protože se mezi dobou, kdy měsíc Io zašel do Jupiterova stínu, a okamžikem, kdy z něj zase vyšel, vzájemná pozice Země a Jupiteru změnila, bylo možné

► **Schéma Fizeauova přístroje. Světlo prochází jednou stranou zubu na cestě ven a druhou stranou na cestě zpět, za předpokladu, že se ozubené kolo během průchodu světla otočí o jeden zub.** *Ilustrace Shutterstock.com*

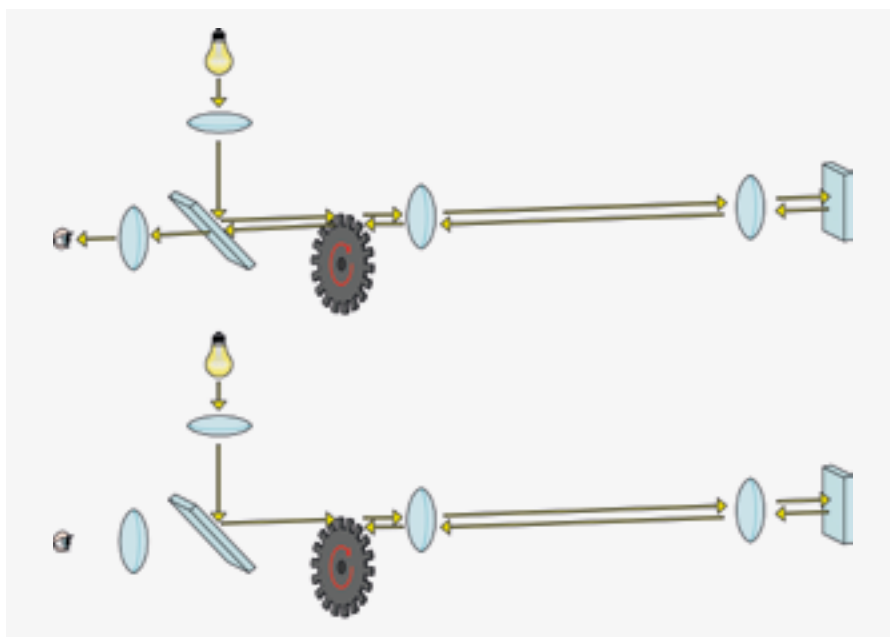
pozorovaný rozdíl v oběžné době přisoudit rozdílné vzdálenosti, kterou muselo světlo z měsíce Io urazit do hvězdářova dalekohledu. Z naměřených údajů odhadl holandský fyzik Christiaan Huygens rychlost světla na 220 000 km·s⁻¹. I když tato hodnota není přesná, řádově se s hodnotou rychlosti světla dobře shoduje. Zpřesňováním výpočtů z různých dalších astronomických pozorování pak byla rychlost světla už v první polovině 18. století stanovena relativně přesně na 298 000 km·s⁻¹.

Nezaháleli ale ani vědci snažící se změřit rychlost světla pomocí aparatury postavené na Zemi a postupně přicházeli s novými přístupy. Původní naivní experiment s lucernou a stopkami nahradili např. rotujícím ozubeným kolem a vzdáleným zrcadlem. Paprsek světla byl vyslán mezi dvěma zuby kola směrem k zrcadlu, odrazil se, a pokud se kolo točilo vhodnou rychlostí, zpět k pozorovateli doletěl mezerou mezi následujícími zuby. Tento a obdobné experimenty vedly začátkem 20. století ke stanovení rychlosti světla na 299 796

km·s⁻¹. Dnes má rychlost světla ve vakuu určenou přesnou hodnotu $c = 299\,792\,458$ km·s⁻¹ a slouží k definici jednotky délky – metru.

ČÁSTICE-VLNA

Jinou otázkou, kterou si vědci průběžně pokládali, bylo „Co vlastně to světlo je?“ Isaac Newton, otec klasické fyziky žijící na přelomu 17. a 18. století, považoval, zcela v souladu se svým mechanickým pojetím světa, světlo za proud částic. Trochu mu to ale kazily experimenty s lomem světla, které neposkytovaly výsledky podle jeho představ. Více totiž odpovídaly představě již zmíněného Christiaana Huygense, který světlu přisoudil vlnový charakter. Rozřešení tohoto sporu sdělením, že pravdu mají oba, přinesli až Max Planck a Albert Einstein na počátku 20. století vysvětlením fotoelektrického jevu, za což byl druhý jmenovaný odměněn v roce 1921 Nobelovou cenou. Povahu světla nazval „dualismem“ – světlo se podle podmínek experimentu může chovat buď jako částice (při fotoelektrickém jevu předává svou kinetickou



energii elektronům, které vyrazí z ozařovaného materiálu), nebo jako vlna (např. při lomu světla nebo difrakci na mřížce).

Vlnový charakter světla nám umožnil vnímat jej v širším kontextu jako rychle se šířící kmitající elektromagnetické pole. Odpovídající záření je pak charakterizováno tzv. vlnovou délkou λ a periodou kmitání f . Elementární jednotkou – kvantem – tohoto pole je foton, jehož energie je podle Planckova vztahu úměrná frekvenci kmitů, přičemž konstantou úměrnosti je tzv. Planckova konstanta h :

$$E = h \cdot f$$

Frekvence je převrácená hodnota času jednoho kmitu T , tedy doby, za kterou foton urazí vzdálenost jedné vlnové délky λ . Z rychlosti světla $c = \lambda / T = \lambda \cdot f$ dosazením do výše uvedeného vztahu dostáváme:

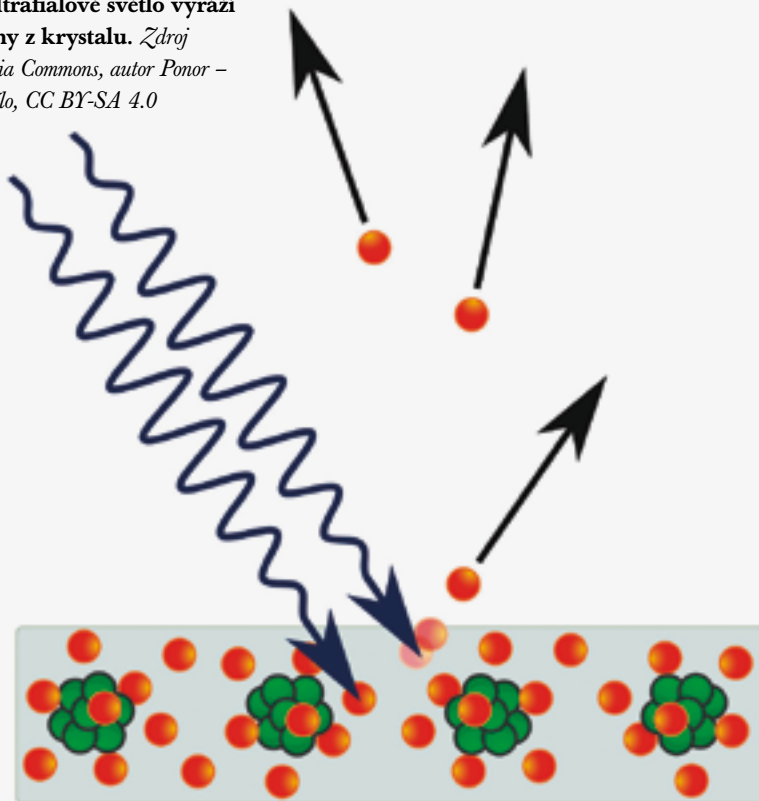
$$E = h \cdot f = h \cdot c / \lambda$$

Fotony elektromagnetického záření tedy mají energii nepřímo úměrnou jeho vlnové délce.

NENÍ ZÁŘENÍ JAKO ZÁŘENÍ

Podle rozmezí vlnových délek můžeme elektromagnetické záření rozdělit do různých kategorií, a to podle toho, jak velkou energii dané fotony nesou a jakým způsobem interagují s hmotou. Nejenergičtější záření je záření γ a záření Röntgenovo. Energie těchto fotonů je natolik velká, že mohou vyrazit elektrony z vnitřních slupek (orbitalů) atomů a molekul, čímž vzniknou tzv. vnitřní radikály, vysoce reaktivní částice, které mohou vydávat druhotné Röntgenovo záření a emitovat další elektrony. Vzniklé radikály napadají okolní molekuly a poškozují je. Z molekul vody mohou vytvořit hydro-

Fotoelektrický jev v pevné látce: ultrafialové světlo vyráží elektrony z krystalu. *Zdroj Wikimedia Commons, autor Ponor – vlastní dílo, CC BY-SA 4.0*

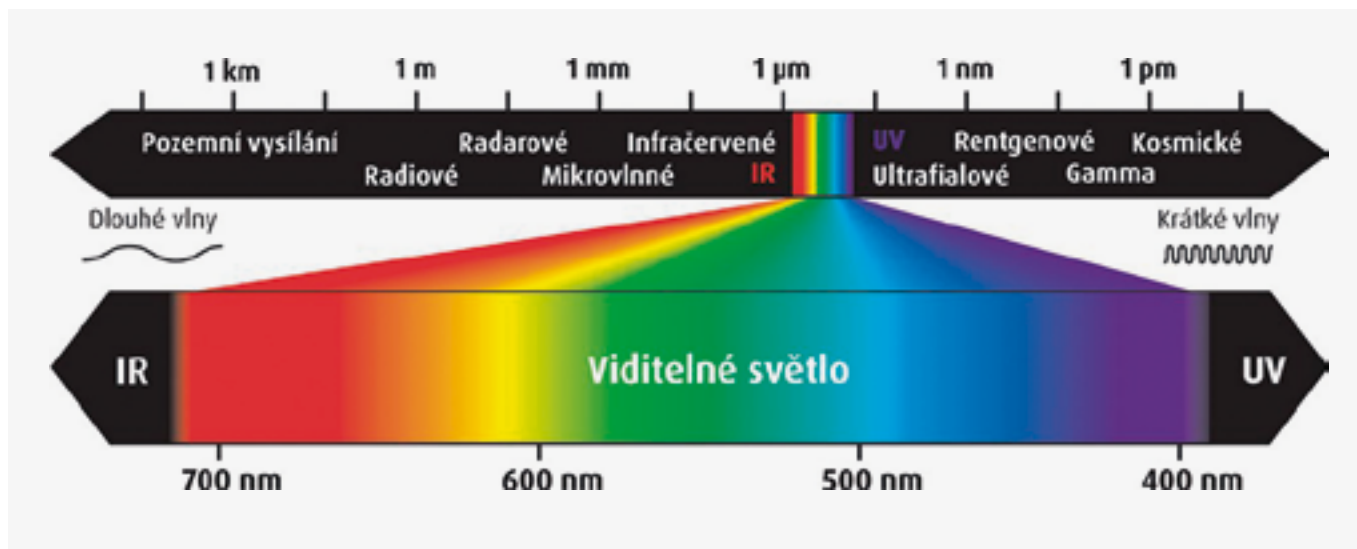


xylové radikály a způsobit tak buňkám živých organismů tzv. oxidativní stres. Pokud je poškození velké, buňky se s ním nevyrovňají a hynou. Pokud je malé, buňky jsou schopny jej opravit a žít dále. Při opravách poškozené genetické informace nesené molekulou DNA však může dojít k mutacím, se kterými se buňky opět nemusí vyrovnat a zahynou, nebo naopak naskočí na překotně rychlé dělení a může vzniknout zhoubný nádor.

Oblast vlnových délek 100–380 nm patří záření ultrafialovému (UV). I to je schopno z molekul vyrazit elektrony, ovšem už jen z valenční sféry (tj. z „povrchových“ orbitalů). Tím opět vznikají radikály, sice méně agresivní než ty dříve zmíněné, ale přesto je i UV záření schopné

způsobit rakovinu. UV záření je složkou slunečního záření a chránit se před ním opalovacím krémem je všeobecně známá zásada.

Konečně se dostáváme ke světlu v tom běžném smyslu slova – k záření v rozsahu vlnových délek 380–760 nm. Energie fotonů z této oblasti už z molekul elektrony nevyrazí, ale pouze je tzv. excituje – tj. elektron získá pohlcením fotonu vyšší energii, což mu umožní přeskočit v rámci molekuly do vyššího orbitalu („létat“ po vzdálenější dráze). A právě tato vlastnost umožňuje vidění – molekuly v receptorových buňkách našeho oka jsou excitovány, mění svůj tvar a způsobí nervový impuls, který je pak zpracován ve zrakovém centru v mozku.



▲ **Rozdělení oblastí elektromagnetického záření podle vlnových délek a duha viditelného světla.**

KDE SE BERE BARVA

Co je ale podstatné, je „různobarevnost“ fotonů v oblasti viditelného záření. Pokud např. pomocí hranolu rozdělíme fotony viditelného světla podle jejich vlnových délek, uvidíme duhu – od fialové barvy fotonů s nejkratšími vlnovými délkami kolem 400 nm postupně přes modrou, zelenou, žlutou, oranžovou až k červené (kolem 650–750 nm). Pokud jsou ve světle všechny vlnové délky obsaženy přibližně rovnocenně, naše oko jej vnímá jako bílé, pokud je některá z barevných oblastí odebrána, objeví se barva. A za odebrání některých vlnových délek mohou elektrony. Protože je ale energie orbitalů přesně daná, nemůže elektron pohltit libovolný foton, ale jen takový, který má energii odpovídající energetickému rozdílu mezi stávajícím a prázdným orbitalem, do kterého je elektron excitován.

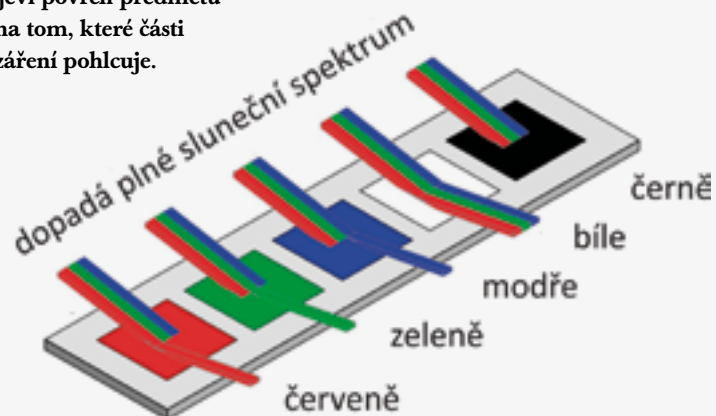
Pokud tedy bílé světlo dopadne na barevný materiál, elektrony daného materiálu pohltí jen ty vlnové délky,

které jim umožní excitaci, a nepohlcené světlo rozptýlí do okolí. Složením zbylých vlnových délek pak vzniká barva, kterou vnímáme naším okem. Tato barva je tzv. komplementární k barvě, kterou materiál pohltí, např. pokud materiál absorbuje fotony z červené oblasti, našemu oku se jeví jako zelený, pokud absorbuje fialovou/modrou, našemu oku se jeví jako žlutý/oranžový a naopak. Červená barva je způsobena absorpcí zeleného záření atd. Při absorpci všech vlnových délek vidíme černou.

Pro doplnění se sluší poznamenat, jak je to se zářením delších vlnových délek. Na červené světlo navazuje tzv. infračervené záření s vlnovou délkou až 1 mm a poté záření mikrovlnné (1 mm až 1 m). Obě tato záření umí rozpohybovat vazby v molekulách, což vnímáme jako teplo. Následuje záření rádiové s vlnovými délkami přesahujícími 1 m, které už s organismy prakticky neinteraguje. Používáme jej k přenosu rádiového a televizního signálu. ●

AUTOR PŮSOBÍ NA KATEDŘE ANORGANICKÉ CHEMIE

Jak se nám jeví povrch předmětu v závislosti na tom, které části slunečního záření pohlcuje.



Biochemie barevného vidění

Jak lidské oko překládá pohlcené záření do chemických signálů

VÁCLAV MARTÍNEK

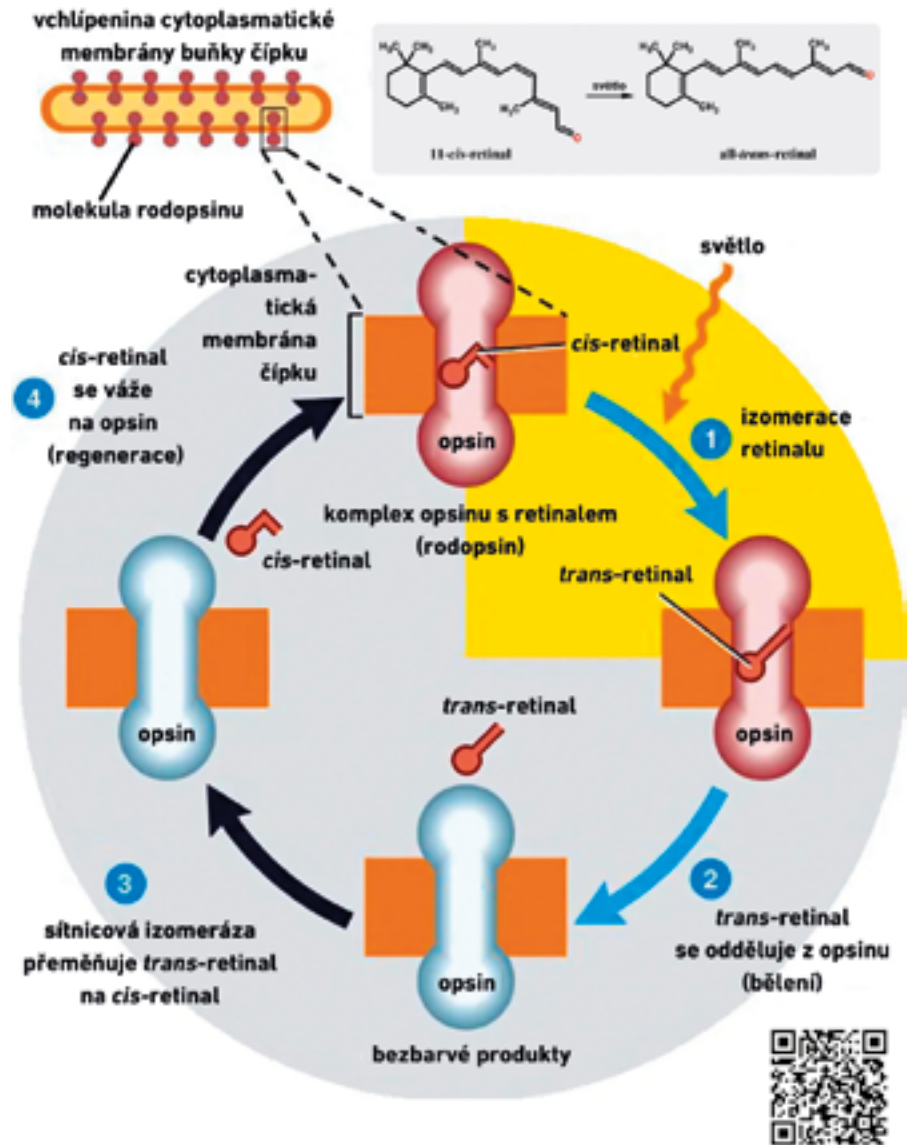
Člověk je stejně jako všechny živé organismy složen z hmotných objektů – molekul, jejichž vzájemné reakce či interakce umožňují jeho existenci. Celý svět (myšleno celý vesmír) ale není vyplněn jen hmotou (té je v něm vlastně jen velmi málo a drtivá většina té hmoty je mimochodem jen vodík), obrovský prostor vesmíru je „vyplněn“ zářením – tedy především fotony o různých energiích, a tudíž i různých vlnových délkách. Fotonům o vlnové délce 380 až 760 nm říkáme viditelné světlo.

Světlo, které na živé organismy dopadá, jimi může procházet či se od nich odrážet, a tak je prakticky neovlivní. Anebo může být světlo pohlceno a přeměněno na jiné formy energie. Fotony přitom kromě energie nesou i důležité informace o situaci v okolí ze směru, odkud přilétají. A právě tuto světelnou informaci se řada organismů naučila využívat ke svému prospěchu.

BUŇKY A INFORMACE

Živočiškové si již dávno vyvinuli schopnost zpracovávat informace o svém těle i jeho okolí pomocí specializovaných buněk (neuronů), které k práci s informací v rámci neuronu využívají proměn membránového potenciálu. To je v podstatě napětí vyvolané lokálně se měnícími koncentracemi Na^+ a K^+ iontů na vnější a vnitřní straně jejich buněčné membrány. Pro mezibuněčnou komunikaci pak mají širokou paletu malých molekul (neurotransmitterů), které v případě potřeby komunikovat „vylévají“ v blízkosti sousední buňky.

Jak ale zařídít, aby se světlo dopadající na organismus proměnilo na některý z těchto dvou typů chemických signálů,



kterým nervová soustava jako jediným rozumí? To není tak jednoduché, jelikož když je světlo hmotou pohlceno, je jeho energie v drtivé většině případů přeměněna na teplo, tedy na různé rotačně-vibrační pohyby molekul. To by

se mohlo zdát jako nadějná možnost, jak může hmota se světlem interagovat. Problém ovšem je, že energie jednoho fotonu viditelného světla je příliš nízká na to, aby buňku či třeba jen její malou část zřetelně ohřála.

TAM A ZASE PŮL

Naštěstí existují i molekuly, které při pohlcení světla nepřemění jeho energii na teplo, ale použijí ji na změnu své struktury neboli změní se na jinou molekulu. A změnu jedné molekuly na jinou již dokáže „chemický stroj“, jakým buňka je, zaznamenat. A to dokonce někdy i v případech, kdy se v buňce taková nová molekula objeví třeba i jen jedna jediná!

Pro vznik vidění pak zbývá vyřešit ještě jeden drobný problém, a to, aby taková molekula mohla jako senzor světla sloužit opakovaně. Zde příroda dokázala vybrat takovou molekulu, která když se po osvitě světlem změní a vyvolá signál, může být zase rychle přeměněna zpátky na původní molekulu a cyklus se tak může znovu opakovat. Molekulou, která tuto vlastnost má, je retinal, spadající do velké skupiny biomolekul nazývaných isoprenoidy.

Retinal se naučily tvořit a k pohlcování energie ze světla využívat již pradávné bakterie žijící na mladé planetě Zemi před více než třemi miliardami let. Ke vzniku prvního primitivního oka pak příroda dospěla na počátku prvohor, někdy před 550 miliony lety. Oči živočichům přinášely vekou evoluční výhodu, takže se postupně zdokonalovaly a zlepšovaly. Až před asi 40 miliony lety dospěla evoluce k oku, jaké mají např. dnešní primáti včetně člověka. Takové oko má na sítnici světločivé buňky schopné vnímat intenzitu světla, tzv. tyčinky, a menší množství buněk schopných vnímat barvu dopadajícího světla, tzv. čípky.

DETEKTORY BAREV

Na sítnici lidského oka nalezneme celkem tři funkční typy čípků. První typ detekuje modrofialové, druhý zelené

► **Normalizovaná intenzita citlivosti jednotlivých typů čípků na světlo o různé vlnové délce.**

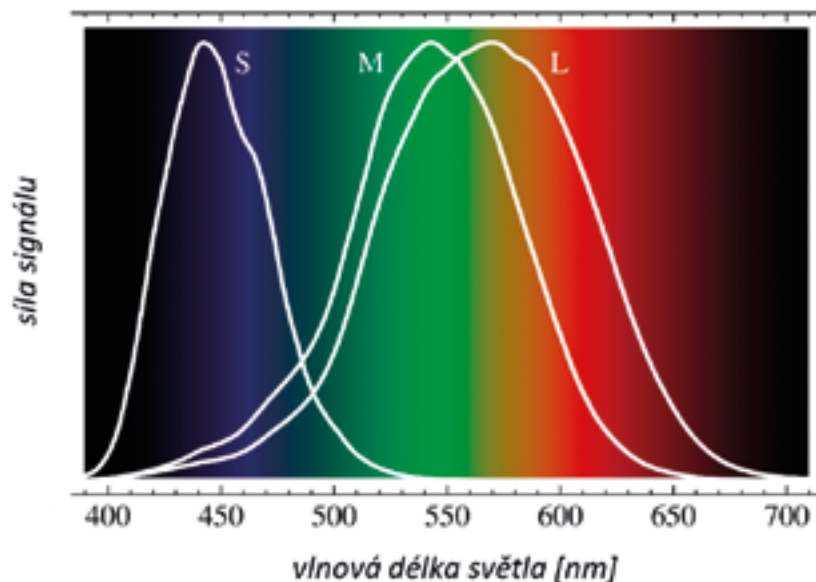
a třetí oranžové světlo. Tyto buňky si jsou vzhledově podobné a všechny také obsahují retinal, který si naše tělo tvoří buď z vitamínu A nebo z beta-karotenu, který je přítomný ve všech zelených rostlinách či třeba i v mrkvi. Retinal sám o sobě není nijak zvlášť intenzivně barevný, ve viditelné oblasti jen slabě pohlcuje modré světlo, takže se nám jeví jako nažloutlý. Jak je tedy možné, že čípky s jeho pomocí dokážou vnímat i jiné barvy než modrou?

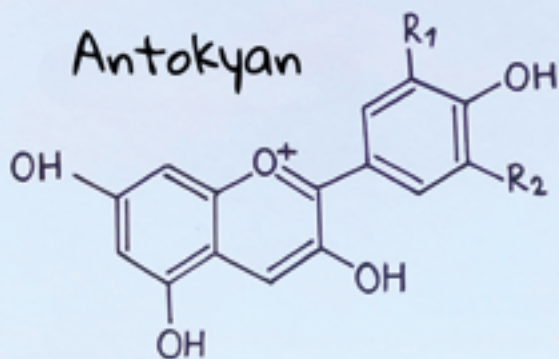
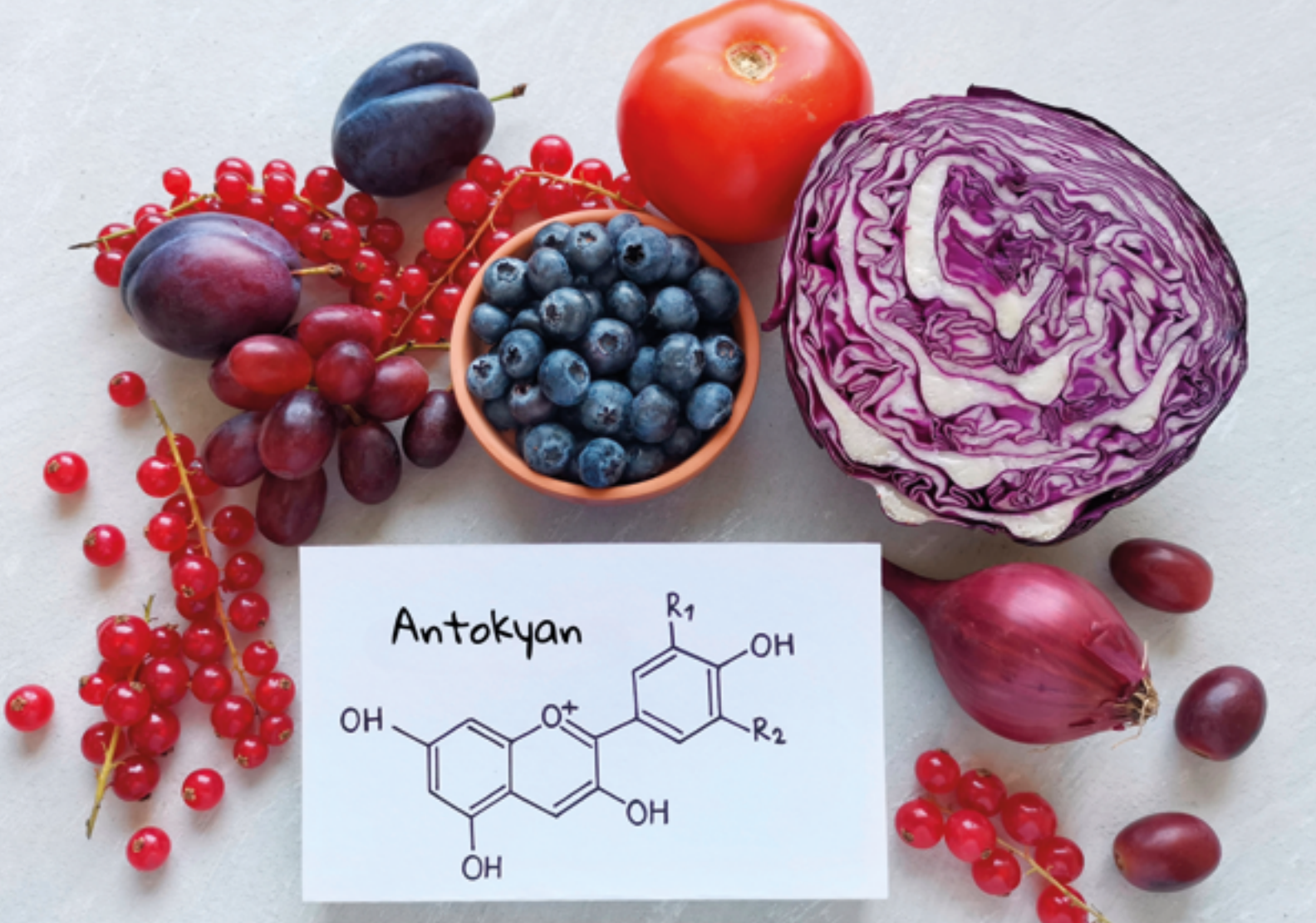
Je to tím, že retinal není v membráně světločivé buňky volný, ale je kovalentně vázaný na protein opsin. Opsin s navázaným retinalem se jmenuje rodopsin, a právě různé druhy jeho proteinové části „ladí“ barvu výsledného rodopsinu tak, aby dokázal pohlcovat buď modrofialové, zelené, či oranžové světlo. Každý ze tří druhů čípků si pak tvoří jen jeden druh opsinu, k němuž pak připojí retinal a vytvoří si rodopsin pro barvu, kterou bude detekovat. Pak už jen rodopsin v membráně čeká, jestli na něj dopadne foton s vlnovou délkou, na niž je „naladěný“. Přitom dojde k přeměně cis-retinalu vázaného

v rodopsinu na trans-retinal, který má jiný tvar. Když se tak stane, spustí buňka s pomocí dalších proteinů a enzymů v cytoplazmě signální kaskádu, která vyústí v uzavření kanálů pro Na^+ ionty, a vyvolá tak hyperpolarizaci membrány. Ta je pak tím signálem, jemuž nervová soustava naslouchá a v mozku jej dále zpracovává na obraz.

Mimochodem jeden druh opsinu (ten, co je naladěný na detekci modrofialového světla) se nám tvoří také v kůži. Jakou tam přesně hraje roli, ale ještě přesně nevíme. A pro zajímavost zde ještě zmiňme, že geny pro opsiny detekující zelenou a oranžovou barvu jsou uloženy na chromozomu X, takže ženy, na rozdíl od mužů, mohou mít pro oba tyto druhy opsinu až dvě genetické varianty navíc. Což by mohlo na molekulární úrovni vysvětlit, proč jsou ženy někdy schopné rozlišovat více barevných odstínů než muži. Pokud vás téma zajímá, načtete QR kód a zhlédnete krátké video. ●

AUTOR PŮSOBÍ NA KATEDŘE BIOCHEMIE A KATEDŘE UČITELSTVÍ A DIDAKTIKY CHEMIE





Barvy v živé a neživé přírodě

Kde se v našem světě bere pestrá paleta barev

PAVEL TEPLÝ

Barvy jsou jedním z nejvýraznějších vizuálních projevů přírody. Živočiškové, rostliny, horniny nebo atmosférické jevy, pestrými barvami hýjí živá i neživá příroda. Zdaleka však nejde jen o estetický fenomén, barvy totiž mají hluboký chemicko-fyzikální základ. Pojďme se stručně podívat na jejich rozmanitost v přírodě a jejich podstatu.

BARVIVA A STRUKTURA LÁTEK

Na začátek je nutné zmínit, že barvy v přírodě pozorujeme díky dvěma principům. První princip je fyzikálně-chemický a je založen na barvivech. Barviva jsou všudypřítomná, nalezneme je v minerálech, rostlinách i živočíchů. Pohlcují (absorbují) část viditelného světla a my pak pozorujeme tzv. doplňkovou barvu. Skvěle je to vidět na

rostlinách, které absorbují červenou část viditelného spektra, a proto je vidíme jako zelené.

Druhý princip je fyzikální a souvisí se strukturou povrchu. Proto se těmto barvám také říká strukturální. Vznikají povrchovou oxidací kovů či minerálů. Pokud povrchová oxidace vytvoří souvislou tenkou pravidelnou strukturu, může

◀ **Ovoce a zelenina obsahující barviva antokyany. Podle pH prostředí se mění jeho barva.** *Zdroj Shutterstock.com*

se na této struktuře lámat, odrážet a skládat (interferovat) světlo. Díky různé struktuře povrchové vrstvy a její různé tloušťce můžeme pozorovat celou paletu krásných náběhových barev. Nádherným příkladem jsou krystaly bizmutu.

PESTROBAREVNÉ NEROSTY

Neživou přírodu si můžeme zjednodušit pouze na minerály, protože horniny jsou vytvořeny právě z nich. Abychom mohli pozorovat barevné minerály, musí buď obsahovat barvivo (pigment), nebo se na jejich povrchu musí tvořit zmíněné strukturální barvy. V říši minerálů najdeme prakticky celé spektrum barev. Červená rumělka, modrý azurit, fialový ametyst – to je jen malá ukázka z toho, co příroda nabízí. Řada z minerálů se také v minulosti využívala například pro výrobu malířských pigmentů.

Barevnost minerálů je úzce spojena s přítomností sloučenin kovů, velmi často přechodných prvků (d-prvků). Právě tyto sloučeniny mají příhodnou konstelaci elektronů k tomu, abychom je mohli pozorovat jako barevné. Proto třeba sloučeniny železa dávají minerálům žlutou, červenou až fialovou barvu a sloučeniny mědi pak modrou až zelenou.

ŽIVÉ TOVÁRNY NA BARVY

Živá příroda se vyznačuje bohatou paletou barev. Barvy v rostlinách, živočiších, houbách a mikroorganismech jsou vět-

► **Mandrilové patří mezi nejpestřejší zbarvené savce naší planety. Modrá barva na jejich kůži však není barvivo, jedná se strukturální zbarvení. Na snímku mandril rýholící (*Mandrillus sphinx*).** *Zdroj Shutterstock.com*

šinou spojeny s biologickými funkcemi, jako je maskování, přitahování partnerů či ochrana před predátory.

Rostliny si barviva vyrábí samy. V rostlinné říši jsou nejčastější odstíny zelené a žluté až červené. Naopak modré až fialové barvy jsou vzácné. Zelená barva rostlin je způsobena zeleným barvivem chlorofylem, které je zodpovědné také za fotosyntézu rostlin. Na podzim se však chlorofyl v listech rozkládá a objevují se další, do té doby skrytá barviva – karotenoidy (sem patří i beta-karoten, obsažený v mrkvi) a antokyany, které dávají listům nádherné žlutooranžové (karotenoidy) až červené odstíny (antokyany).

Přestože se může zdát modrá barva v přírodě rozšířená, ve skutečnosti je pro její vznik nutná souhra několika faktorů. Prvním je přítomnost vhodného barviva. Tím bývají výše zmíněné antokyany s červenými odstíny. Znáte je nejen z květů mnoha rostlin (violka), ale jsou obsaženy i v listech (červené zelí) či plodech (borůvky, maliny). Zajímavé na těchto barvivech je to, že když změníte pH jejich prostředí, změní se i jejich



barva. V kyselém prostředí jsou v odstínech červené a v zásaditém prostředí se mění na modré odstíny. Některé rostliny dávají právě změnou barvy květů najevo opylovačům, zda byl květ již opylen. Příkladem je plicník lékařský, jehož květy mají po rozpuku růžovou barvu, která se po opylení mění na modrofialovou.

Rostlinná barviva se odnepaměti používala k barvení látek. Červen se získávala kupříkladu z mořeny barviřské (alizarin), zeleň z řešetláku počistivého, žluť z rýtu žlutého, modř z borytu barviřského a tak dále. Jako mořidlo se používal nejčastěji kamenec neboli síran draselno-hlinitý. Mořidlo slouží ke spojení barviva s tkaninou, aby se barvivo nevymývalo.

JSI, CO JÍŠ

Barvy živočichů se většinou odvíjí od jejich potravy. U živočichů tedy najdeme podobná barviva jako u rostlin. Některá se v těle živočichů ukládají a my pak můžeme pozorovat například růžové plameňáky nebo lososy, kteří barviva (karotenoidy) získali konzumací řas a drobných korýšů. Velmi zajímavá je modrá barva, která se v živočišné říši vyskytuje vzácně, a pokud už ji tam najdeme, třeba u modrásků (a jiných motýlů) nebo mandrilů, stejně jako u minerálů se jedná o strukturální barvu.

Živá i neživá příroda nabízí bohatou paletu barev a chemické látky, které stojí za jejich vznikem, jsou často velmi rozdílné. V živé přírodě hrají klíčovou roli organické pigmenty a strukturální barvy, jež mívají funkční význam pro přežití organismů. Naopak v neživé přírodě jsou barvy výsledkem složení minerálů, interakcí mezi prvky a světlem či optických jevů. Chemie nám pomáhá pochopit, jak tyto barvy vznikají, a otevírá nám fascinující pohled na svět kolem nás. ●

AUTOR PŮSOBÍ NA KATEDŘE UČITELSTVÍ
A DIDAKTIKY CHEMIE



Jak barvy odhalují skrytý svět

Molekulová spektrofotometrie pomáhá s analýzou neznámých sloučenin

JAKUB HRANIČEK

Barvy jsou nedílnou součástí našeho každodenního života: od modré oblohy přes zelené listy až po červeně zabarvené horniny. Svět kolem sebe vnímáme díky interakci přirozeného (slunečního) nebo umělého světla a jeho barevných složek s okolními předměty. Barvy však nejsou jen estetickým zážitkem, jak by se mohlo na první pohled zdát, ale i klíčem k pochopení chemického složení světa kolem nás. To, co nazýváme barvou, je vlastně vyzáření nebo pohlcení (absorpce) určité, velmi malé části elektromagnetického spektra, kterou je schopno lidské oko registrovat.

Tomu úseku elektromagnetického záření, který můžeme popsat vlnami o délce 760 až 380 nanometrů, říkáme viditelné světlo (VIS). To obsahuje jednotlivé barevné složky duhy. Vlny kratší než 380 nanometrů tvoří záření ultrafialové (UV), jehož „barvy“ již lidské oko nemůže postřehnout. Je možné zjistit, jaké „barvy“ mají látky, které lidské oko vidí jako bezbarvé? A nebylo by možné využít těchto skutečných barev i neviditelných „barev“ pro identifikaci neznámých látek a zjištění jejich množství v prostředí, ve kterém se pohybujeme? Jednoduchou odpověď nabízí významná metoda analy-

tické chemie, která se nazývá molekulová spektrometrie ve viditelné a ultrafialové oblasti, zkráceně UV/VIS spektrofotometrie. Díky ní můžeme nahlédnout do skrytého světa molekul a odhalit, jak látky interagují prostřednictvím záření.

VYSVĚTLENÍ UVNITŘ MOLEKULY

Molekuly většiny látek, zejména pevných a kapalných, dokážou pohltit (absorbovat) určité vlnové délky ultrafialového a viditelného elektromagnetického záření, které těmito látkami prochází nebo se od nich odráží. Absorpce záření je spojena s excitací molekuly, kdy elektron ze

◀ **Stanovení disociační konstanty acidobazického indikátoru pomocí molekulové absorpční spektrofotometrie v UV/VIS oblasti.** Foto Eliška Nováková

základního energetického stavu přechází do stavu excitovaného. Jelikož současně s excitací elektronu nastává celá řada podružných energetických změn (vibračních a rotačních), není absorbována jen jedna konkrétní vlnová délka (jako je tomu u atomů), ale celý pás vlnových délek. Navíc tvar a poloha takového pásu úzce souvisí se strukturou dané molekuly a rozložením elektronových hladin v ní. Příroda byla natolik důvtipná, že molekulám každé sloučeniny vtiskla jedinečné rozložení elektronových hladin, díky čemuž molekuly různých sloučenin absorbují různé oblasti ultrafialového a viditelného záření. A právě to je klíčový poznatek pro jejich identifikaci a následnou kvantifikaci.

JAK TO FUNGUJE?

Pozorovat a popisovat barevné odstíny látek, jejichž molekuly absorbují záření ve viditelné oblasti, můžeme na vlastní oči. Ale co látky bezbarvé, jejichž molekuly absorbují záření v ultrafialové oblasti? Tady nám lidské oko nepomůže a musíme využít přístroje zvané spektrofotometry. Základem takového přístroje je umělý zdroj viditelného a ultrafialového záření (nejčastěji wolframová nebo deuteriová výbojka), který vyzářuje paprsky o různých vlnových délkách.

Svazek paprsků prochází roztokem studované látky umístěné v malé křemenné kyvetě. Za kyvetou (nebo někdy i před ní) bývá umístěna optická součástka (hranol, mřížka), která z procházejícího svazku záření vytvoří něco jako ultrafialovou a viditelnou duhu, aby na konci umístěný vhodný detektor změřil intenzitu dopadajícího záření, z čehož se dopočítá, kolik kterého záření vzorek v kyvetě pohltil

a kolik ho prošlo dál. Výsledkem měření je absorpční spektrum – graf ukazující, jak vzorek pohlcuje záření o konkrétních vlnových délkách. Tento graf nám na základě tvaru a polohy absorpčního pásu pomůže odhalit, jaké látky jsou ve vzorku přítomny a také v jakém množství, protože čím větší množství látky v měřené kyvetě je, tím vyšší pás naměříme.

NENAHRAZITELNÝ POMOCNÍK

Bez nadsázky lze říci, že uvedená spektrometrická metoda našla uplatnění ve většině odvětví lidské činnosti jako nenahraditelný pomocník při zjišťování přítomnosti a množství molekul v neznámých vzorcích a při studiu jejich chování. Díky technickému pokroku máme dnes k dispozici širokou škálu spektrofotometrů – od velkých laboratorních přístrojů s vysokým rozlišením schopných analyzovat i ty nejkomplexnější vzorky až po jednoduché a miniaturizované spektrometry, které se vejdou do kapsy u kalhot.

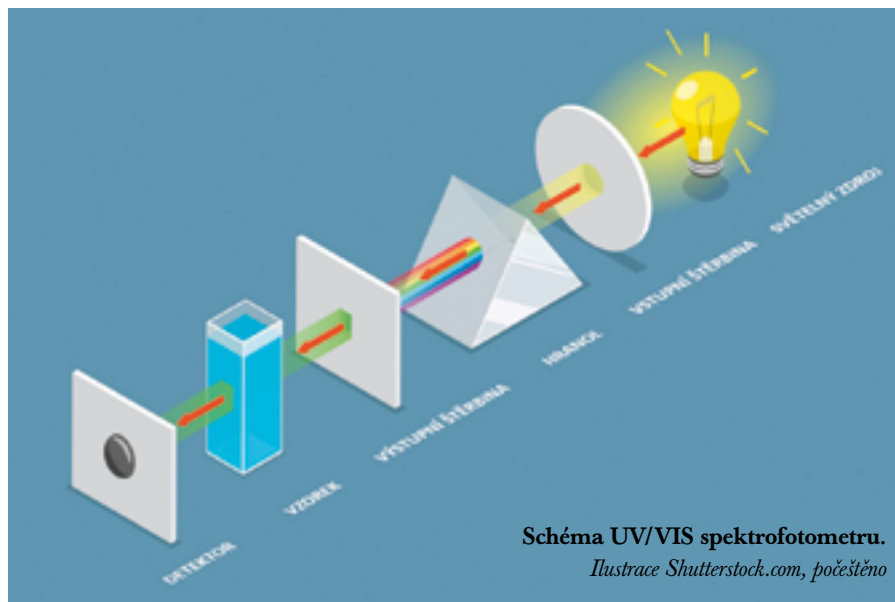
Ať už jde o velké „hráče“ v laboratoři, nebo malé „trpaslíky“ v terénu, UV/VIS spektrofotometry nám pomáhají

při řešení široké škály úkolů. Může se jednat třeba o měření obsahu vitamínů, barviv a konzervantů v potravinářství, stanovení koncentrací léčiv v tabletách, kapalinách či infuzních roztocích nebo o zjišťování struktury molekul a jejich změn při nejrůznějších reakcích. Přenosné spektrofotometry umožňují rychlé měření mimo laboratoř, například přímo v terénu při monitorování kvality vody během kontroly životního prostředí.

POSELSTVÍ Z CIZÍCH SVĚTŮ

UV/VIS spektrofotometrie našla významné uplatnění, a to především díky své miniaturizaci a experimentální nenáročnosti, také v řadě planetárních misí uvnitř Sluneční soustavy. Příkladem za všechny je kosmická analytická laboratoř Perseverance či její předchůdce, laboratoř Curiosity, obojí zkoumající povrch Marsu. Spektrometry uložené v útrobach obou vozítek pomáhají prostřednictvím optických vláken pozorovat „barvy“ okolních objektů a tím přispět k identifikaci anorganických i organických molekul. ●

AUTOR PŮSOBÍ NA KATEDŘE ANALYTICKÉ CHEMIE





Reissig v. Preuss. v. J. Götter 187. Berlin

1711
Reg. Kronprinz
1716

1735
Königs-Reg.
1715

1780
Reg. v. Biberbach
1717

1787
1^{er} Bat. Leib-Garde
1745

1805
Königs-Reg.
1718

1813
Garde-Fusilier-Bat.
1718

1830
1^{er} Gen. Leib-Inf. Reg.
1718

1838
Kaiser Franz
Gren. Reg.

Komplexy – kovoví chameleoni

Výzkum barevných pigmentů přinesl revoluční chemické objevy

JAN KOTEK

STRUČNÁ HISTORIE KOVŮ

Rozvoj lidské civilizace je do značné míry spojen se schopností využívat kovy. Jedním z prvních bylo nepřekvapivě zlato, protože se v přírodě vyskytuje v ryzí podobě a stačí je jen sebrat. Jeho lesk a stálost člověka upoutaly a začal zlato využívat k ozdobným účelům či jako platinidlo. S rozvojem znalostí pak lidé poznávali různé minerály a začali některé kovy vyrábět z jejich rud a používat je k výrobě různých loveckých nástrojů a zbraní. Nezávisle na sobě objevili lidé v různých

dobách na různých místech naší planety bronz – slitinu mědi a cínu. Jeho proměnlivé složení (mohl obsahovat další prvky, např. arzen) záviselo na tom, jaké rudy byly v daných částech světa dostupné. Při konfrontacích mezi národy vítězil obvykle ten, jehož zbraně byly pevnější, a vítěz pak rozšířil znalost jím používaných slitin i na nově dobytá území.

Ve starověku se kovy, např. stříbro, začaly masivně využívat také k výrobě mincí. Ve starověkém Římě našlo jako

vhodný tvárný materiál pro rozvod vody své využití olovo. Postupně lidé objevili třeba rtuť a další kovy a začalo se prudce rozvíjet hornictví a hutnictví. Samostatnou (a velmi důležitou) kapitolou jsou středověcí alchymisté a jejich snaha o výrobu zlata a ostatních drahých kovů z neušlechtilých, levných materiálů. Zlato sice vytvořit nedokázali, ale zato vyvinuli mnoho nových chemických postupů, které si ovšem těch pár vyvolených pečlivě střežilo. S rostoucím bohatstvím lidstva nicméně přibývalo

◀ **Pruskou modř objevil patrně náhodou berlínský malíř J. J. Diesbach v roce 1706. Velice rychle se stala významným obchodním artiklem a na 200 let také symbolem pruské a posléze německé armády. Ilustrace Wikimedia Commons, Edmund Rabe, volné dílo**

těch, kdo si mohli dovolit tyto nákladné experimenty provádět. A alchymie se začala měnit v exaktní vědu – chemii. Intenzivní zkoumání a zpracovávání kovů vedlo i k objevení řady nových sloučenin, z nichž některé bychom mohli označit jako komplexy.

DÁRCE A PŘÍJEMCE

Komplexy – koordinační sloučeniny – jsou látky, ve kterých se uplatňuje koordinační vazba. Oproti „normální“ kovalentní chemické vazbě, která vzniká sdílením elektronového páru, do něhož každý z vazebných partnerů přispívá jedním ze svých elektronů, je koordinační vazba zprostředkována elektronovým párem, který pochází od jednoho z partnerů. Proto se koordinační vazba označuje též jako vazba donor-akceptorová: jeden z atomů dodává elektronový pár (je donorem), druhý z partnerů má nedostatek elektronů, a tedy prázdné orbitály, ve kterých může daný elektronový pár „ubytovat“ (je akceptorem).

Na komplexech upoutala experimentující badatele především jejich barva. Nezřídka se stávalo, že se některý z těchto kovů choval jako chameleon – podle toho, se kterými látkami se smíchal, vznikly různě zbarvené

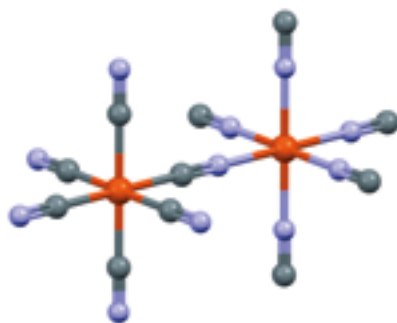
▶ **Zjednodušený model koordinace železa v krystalové struktuře pruské modři, $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, kde $x = 14-16$. Zdroj Wikimedia Commons, autor Ben Mills, volné dílo**

sloučeniny. Právě proto se postupně stávaly součástí malířských pigmentů. Jako první se takto prosadila berlínská (pruská) modř. Stabilní modrá barva je v přírodě vzácná, rostlinná barviva si svou modř dlouho neudrží a modrých minerálů je málo. Od starověku používané rozemleté minerály tyrkys a lazurit byly proto ceněným obchodním artiklem. A najednou se objevil dostupný sytě modrý pigment – stačilo, aby se usušená krev vyžihala s výluhem z dřevěného popela (potaší – uhličitane draselným, K_2CO_3).

ZA VŠÍM HLEDEJ PENÍZE

Psal se začátek 18. století a objevený ekonomický potenciál vedl k rychlému rozvoji chemie kovů. Ruku v ruce šel i rozkvět chemie organické, která v průmyslových odpadech (např. v koksárenském dehtu, odpadu po převádění černého uhlí na koks používaný při výrobě železa) našla zdroj užitečných látek, mj. pro výrobu barviv (např. anilinu). Průmyslová revoluce byla v plném proudu, nespokojení dělníci sice rozbíjeli stroje, které jim braly práci, ale v průměru bohatnoucí společnost vynakládala stále větší úsilí do rozvoje chemie, protože nové objevy toto úsilí bohatě zaplatily.

Snahy experimentátorů nebyly vynaloženy nadarmo – paleta připravených komplexů a jejich barev se neustále rozšiřovala. Vědce však trápilo, že



nevědí, jak vlastně molekuly těchto nových sloučenin vypadají a jak drží pohromadě. Pravidla, která odvodili chemici při studiu organických sloučenin (uhlík je čtyřvazný, vodík je jednovazný, kyslík je dvojevazný apod.), totiž pro sloučeniny kovů příliš neplatila. Až koncem 19. století přišel Alfred Werner s revoluční myšlenkou, která se posléze ukázala jako správná a za kterou byl v roce 1913 odměněn Nobelovou cenou.

PORUŠENÍ DOGMATU

Základem Wernerovy teorie byla prostá idea, že z atomu může vycházet více vazeb, než kolik umožňuje jeho náboj. To bylo ale v tak příkrém rozporu se zkušenostmi organických chemiků, že trvalo řadu let (a provedení mnoha experimentů), než vědci tuto teorii akceptovali. Nám dnes připadá logická, ale je třeba připomenout, že tehdejší badatelé nevěděli nic o struktuře atomu – elektron byl objeven až v roce 1899 a o jeho roli v chemické vazbě se ještě dlouho potom nevědělo zhora nic.

Dnes víme, že donory elektronového páru (tzv. ligandy) se váží na centrální ion kovu a díky odpuzování elektronů v d-orbitalech kovů s elektrony ligandů se mění orbitalové energie. Původně energeticky rovnocenný set d-orbitalů se proto rozštěpí do několika podhladin a energetický rozdíl mezi nimi odpovídá fotonům viditelného světla. Elektrony ze spodních hladin pak mohou absorbovat odpovídající fotony a přeskočit na vyšší hladinu, pokud je prázdná. Tím komplexy d-prvků získávají svou barevnost. Ale to už se Werner nedověděl, zemřel v roce 1919, v době, kdy rodící se kvantová chemie teprve začala pomáhat vědcům pochopit, jak že to s těmi elektrony a vazbami vlastně je. ●

AUTOR PŮSOBÍ NA KATEDŘE ANORGANICKÉ CHEMIE



Radioaktivita v barvách světa

S účinkem radioaktivního záření se lze setkat na nečekaných místech

PETR DISTLER

Barvy jsou neodmyslitelnou součástí lidského světa. Barevné vidění je důležitou schopností našeho organismu, a barvy tudíž silně přitahují naši pozornost, nebo dokonce vyvolávají emoce. Co když se však ke kráse barev připojí fenomén radioaktivity? Historie barevných materiálů spojených s radioaktivitou je fascinující, ale má i stinné stránky. Pojďme se podívat na to, jak neviditelné síly z radioaktivních materiálů, tedy ionizující záření, našly uplatnění v různých oblastech lidské činnosti.

ZÁLUDNÉ RADIUM

Na začátku 20. století se svět doslova rozzářil novou technologií – luminescenčními barvami, které dokázaly světélkovat ve tmě. Klíčovým prvkem těchto barev bylo radium, objevené Marií

Curie-Skłodowskou a jejím manželem Pierrem Curie. Radium bylo přidáváno do barev spolu s luminofory. To jsou sloučeniny, které se pod vlivem záření excitují a uvolňují jiné záření – světlo. Díky tomu bylo možné vyrobit ciferníky hodinek, přístrojové panely či vojenské vybavení, které ve tmě zářily zeleným světlem bez nutnosti vnějšího osvětlení.

Světélkující barvy si rychle získaly obrovskou popularitu. V roce 1910 již existovala řada továren, které se zaměřovaly na jejich výrobu. Produkty obsahující luminescenční barvy, především hodinky, se staly velmi módními. Jejich výroba však skrývala nebezpečí: pracovníci, kteří barvili ciferníky hodinek, zejména ženy, byli dlouhodobě vystaveni působení ionizujícího záření.

Tyto zaměstnankyně si navíc často navlhčovaly štětky v ústech, aby vytvořily jemnější tahy, což vedlo k polykání radioaktivních barviv. Důsledky byly tragické – závažná onemocnění, která vedla k rozvoji rakoviny nebo deformacím kostí. Tento skandál, který je dnes známý jako případ „Radium Girls“, vedl k významným změnám v ochraně pracovníků a používání radioaktivních látek v průmyslu.

URANOVÁ GLAZURA

Uran je dnes znám zejména ve spojení s jadernou energetikou. Ještě před tímto využitím byl ovšem používán jako pigment při barvení keramiky, což je další příklad toho, že radioaktivní materiály byly běžnou součástí každodenního života. Již od 19. století se uranové

◀ **Sklo s příměsí oxidu uraničitého (UO₂) pod UV lampou krásně světélkuje.** *Zdroj Flickr.com, autor Thomas Hart, CC BY-NC 2.0*

barvivo používalo k vytváření výrazných odstínů žluté, oranžové a zelené barvy v keramické glazuře. Tento zářivý vzhled byl populární u dekorativních a užitkových předmětů, včetně váz, talířů a šálků. Uranové glazury byly oblíbené nejen pro své barvy, ale i pro svou trvanlivost a odolnost.

Navzdory radioaktivitě samotného uranu není používání takto glazované keramiky považováno za nebezpečné (má velmi dlouhé doby poločasů přeměny, například nejběžnější izotop ²³⁸U přibližně 4,5 miliardy let). Radioaktivní emise jsou natolik nízké, že nepředstavují bezprostřední riziko. Problém může nastat pouze v případě, že by se keramika poškodila nebo byla vystavena kyselinám, což by mohlo způsobit uvolnění uranu do jídla nebo nápojů. S příchodem jaderného programu během druhé světové války se však uran stal strategickým materiálem a jeho použití v keramice bylo postupně omezeno. V současnosti jsou tyto výrobky mezi sběrateli i muzei vyhledávaným artiklem, a to i díky jedinečné schopnosti slabě svítit pod ultrafialovým světlem.

PESTRÉ DIAMANTY

Ačkoliv jsou diamanty známé svou průzračností, pod vlivem ionizujícího záření mohou získat různě zbarvené odstíny. Tento efekt byl objeven v polovině 20. století, kdy vědci zjistili, že ozářením

▶ **Na radiaci reaguje zbarvením také sklo. Hnědé tvarovky dodaly díky gama-záření nezaměnitelný vzhled Nové scéně Národního divadla v Praze.** *Zdroj Wikimedia Commons, autor Thomas Ledl – vlastní dílo, CC BY-SA 4.0*

přírodních diamantů částicemi alfa, beta nebo gama dochází ke změně jejich vnitřní struktury. To má za následek vznik barev, které jsou v přírodě vzácné, například zelených, modrých, růžových či žlutých diamantů, a to ve velmi jemných odstínech. Výsledná barva závisí na příměsích v diamantu. Obsahuje-li například dusík, může se zbarvit do zelena, přítomnost boru zase vede k modrému odstínu.

Tyto barevné změny jsou způsobeny tím, že záření ovlivňuje elektronické hladiny v atomové struktuře diamantu. Dochází ke vzniku nových energetických stavů, které určují, jak diamant absorbuje a rozptyluje světlo. Zajímavé je, že ozářené diamanty si zachovávají všechny své fyzikální vlastnosti, včetně tvrdosti a lesku. V moderním šperkařství se dnes k vytváření barevných klenotů často využívají uměle ozářené diamanty, protože jsou cenově dostupnější než velmi vzácné přirozeně zbarvené diamanty.

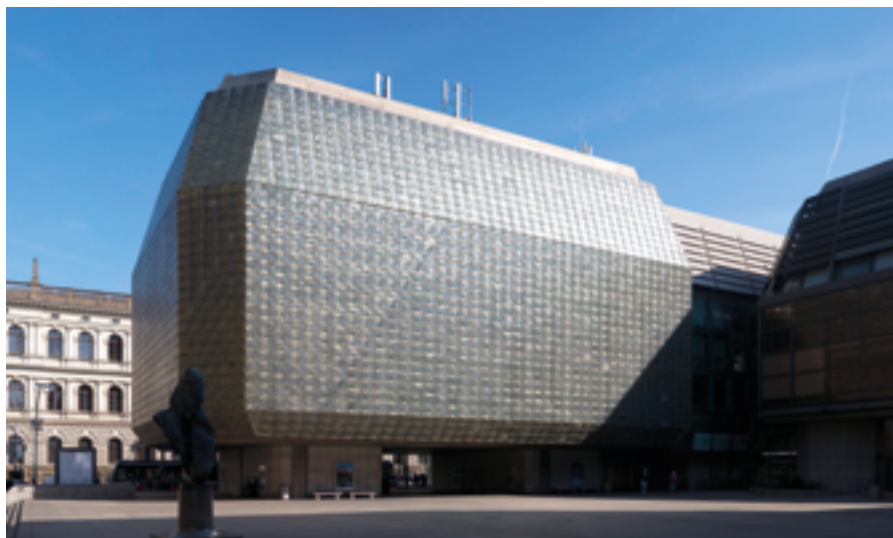
GAMAZÁŘENÍ A SKLO

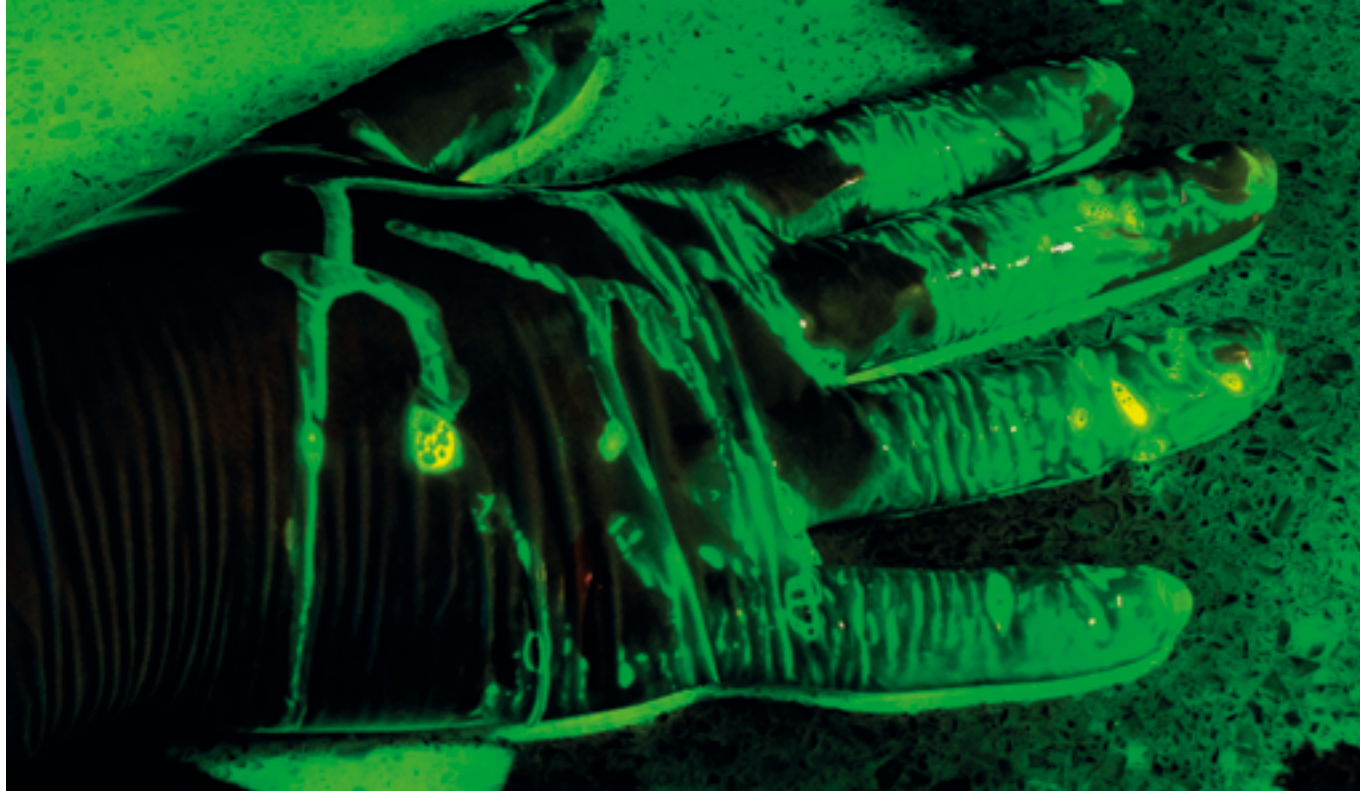
Jedním z méně známých, ale vizuálně úchvatných účinků ionizujícího záření na materiály je změna barvy skla. Tento efekt byl pozorován například během

jaderných zkoušek na skleněných předmětech, které se nacházely v blízkosti výbuchu, nebo ve chvíli, kdy byla náhodně ozářena skla používaná v jaderných zařízeních. Při vystavení skla gamazáření totiž dochází k ionizaci atomů křemíku a dalších příměsí ve skle, což vede k přerozdělení elektronů a změně optických vlastností materiálu. Sklo, které bylo původně čiré nebo jemně zbarvené, může pod vlivem záření získat nové odstíny – obvykle fialovou, modrou nebo hnědou barvu. Právě tímto způsobem bylo vyrobeno hnědé sklo, které zdobí fasádu Nové scény Národního divadla v Praze.

Barvy a radioaktivita mají společného mnohem víc, než by se na první pohled zdálo. Ačkoli jejich spojení mělo v minulosti své temné stránky, dnešní aplikace jsou již zcela bezpečné. Uranové glazury, ozářené sklo, a dokonce i změna barvy drahokamů ukazují, jak může hrát radioaktivita a ionizující záření významnou roli nejen ve vědě, ale i v umění. Uvedené příklady spojují svět chemie, fyziky a estetiky a přinášejí nám krásu, znalosti i poučení z historie. ●

AUTOR PŮSOBÍ NA KATEDŘE UČITELSTVÍ A DIDAKTIKY CHEMIE





Neviditelné barvy

Objevte tajuplný svět luminescence

PETR ŠMEJKAL

Název tohoto článku vypadá na první pohled nesmyslně. Barvy, které nejsou vidět? K čemu by něco takového mohlo být? A přece se pár využití najde. Představte si, že jste špion a chcete poslat supertajnou zprávu, která ale bude putovat přes území nepřítele. Inkoust, který není vidět, by se v takovém případě náramně hodil.

LUMINESCENCE

A jak to udělat? Není to vlastně až tak složité. Barevné jsou takové látky, které pohlcují nebo emitují světlo ve viditelné oblasti. Pokud by látka, a tedy i náš inkoust měly být bezbarvé, postačí, aby nepohlcovaly záření ve viditelné oblasti. Tak se samozřejmě chová celá řada látek, typickými příklady jsou obyčejná voda či líh. Zdá se tedy, že by

náš supertajný dopis bylo možné napsat například líhem. Problém je, že bychom obtížně hledali cestu, jak takový inkoust zviditelnit. Abychom se složitostem vyhnuli, můžeme využít jevu, který se nazývá luminescence.

Luminescence není nic jiného než jistý druh emise záření. A pokud nějakým způsobem zařídíme, aby byla emise realizována ve viditelné oblasti, bude se inkoust po dobu emise jevit jako barevný, přičemž inkoust samotný bude stále bezbarvý. Takovou látkou, kterou můžeme využít jako náš tajný inkoust, je například kyselina salicylová. Ta je bezbarvá, když světlo absorbuje, ale pokud ji „donutíme“ světlo emitovat, získá krásnou namodralou barvu.

STAČÍ DODAT ENERGIÍ

A jak tedy luminescence funguje? Látka ani inkoust z ní připravený samozřejmě nemohou emitovat žádné záření, aniž by přijaly energii. Obecně tedy platí, že pokud chceme pozorovat emisi záření, musí látka nejprve nějakým způsobem energii přijmout. To lze učinit rozličnými způsoby. Můžeme ji například zahřát na vysokou teplotu. Část energie, kterou jsme látce zahřátím dodali, se přemění na záření, které pokud emise probíhá ve viditelné oblasti, vnímáme jako barvu.

Energii lze ale látce dodat i jinak než prostým zahřátím, například prostřednictvím vhodné chemické reakce anebo záření o vhodné energii. Tedy vlastně skrze již zmíněné pohlcení záření neboli

◀ **Fluorescein je významné fluorescenční barvivo s obrovským barvicím potenciálem. Využívá se mimo jiné k mapování podzemních toků.**

Foto Pavel Těplý

absorpci. I v těchto případech může docházet k tomu, že část pohlcené energie je posléze vyzařena.

NEPŘÍMÁ ÚMĚRA

Jak je ale možné, že když je látka bezbarvá, emituje barevné záření? Inu, příroda to krásně zařídila. Různé barvy záření odpovídají různým vlnovým délkám – fialová má vlnovou délku okolo 400 nm, zelená okolo 500 nm a červená kolem 700 nm. Zbarvení látky je pak dáno tím, které vlnové délky pohlcuje. Jde-li o záření ve viditelné oblasti (cca 380–760 nm), vnímáme látku jako barevnou. Jak již bylo zmíněno, pokud je látka bezbarvá, absorbuje v jiné oblasti než viditelné. Zcela zásadní je v tomto ohledu skutečnost, že energie záření souvisí s jeho vlnovou délkou, a to nepřímo úměrně. Tedy čím vyšší je vlnová délka, tím je nižší energie záření a naopak.

Při samotné emisi tomu může být (a často i je) tak, že látka emituje záření o shodné vlnové délce, jakou pohltila. U látek, které luminiskují, je tomu ale trochu jinak. Jejich vnitřní struktura a způsob absorpce záření totiž způsobují, že emitují záření o jiné vlnové délce, než jaké pohltily. A absorbované záření musí mít celkem pochopitelně vyšší energii než to, které bylo pohlceno.

▶ **Některá barviva jsou schopná převádět pro člověka neviditelné UV záření na viditelné světlo. Barva vyzařovaného světla závisí na barvivo. Ve válcích je patrná difuze barviv do roztoku.** *Foto Luděk Míka*

UV DEKODÉR

Je-li tedy látka, náš inkoust, bezbarvá, musí absorbovat v ultrafialové (UV) oblasti, kde má záření vyšší energii, ale nižší vlnovou délku, aby mohla zářit (emitovat záření) v oblasti viditelné. Proto takový neviditelný inkoust funguje tak, že když na něj posvítíme UV světlem, tato látka díky své vnitřní struktuře UV záření pohltí. A dále jej emituje – luminiskuje! Ale protože emituje záření o vyšší vlnové délce, které už leží ve viditelné oblasti, je toto záření barevné a my jej můžeme vidět! Volbou látky pak můžeme volit i barvu emise, a můžeme tedy mít tajné inkousty například fialové a modré, ale také zelené či červené.

Výhodou takových inkoustů je, na rozdíl od většiny jiných tajných inkoustů, že jsou viditelné jen v případě, že na ně svítíme UV světlem. Ve chvíli, kdy světlo vypneme, není text dopisu pro nepovolané oči viditelný. Takové luminiscenci říkáme fluorescence. Fluorescence je totiž luminiscence, která je viditelná jen velmi krátkou dobu (zhruba do 0,01 s). Pokud tedy osvit tajného inkoustu UV světlem ukončíme, tajný text již není vidět. Pokud je ale luminiscence viditel-

ná i nějakou dobu po osvit UV světlem, v řádu sekund až několika dnů, jde o tzv. fosforescenci. Ta se na tajné inkousty moc nehodí, ale využíváme ji třeba u orientačních tabulek v chodbách. Když je osvítíme UV světlem ze zářivek, v případě, že dojde k jejich zhasnutí, např. při požáru či jiné události, dá se pomocí těchto tabulek v tmavých chodbách i dále orientovat. Tabulky totiž samy svítí i několik hodin, takže díky nim můžeme uniknout z objektu.

Luminiscence není naštěstí vhodná jen na tajné inkousty nebo orientační tabulky, její využití je poměrně široké. Lze ji použít k analytickému stanovení některých látek, např. chininu v toniku, a dále jsou na ní založeny rozličné zobrazovací metody, např. při zobrazování buněk a tkání. Je podstatou fungování určitého typu zářivek a osvětlení a luminiscenční látky jsou také důležitými součástmi pracích prášků, aby „bílá bílá byla“, a rovněž zvýrazňovačů. V neposlední řadě jsou na luminiscenčních barvivech založena rozličná představení s překvapivými efekty. Ale to by bylo na celý další článek. ●

AUTOR PŮSOBÍ NA KATEDŘE DIDAKTIKY CHEMIE



Chemie na malířském plátně

Výtvarné umění prodělalo díky rozvoji chemie opravdovou revoluci

KAREL NESMĚRÁK



▲ Monetův obraz *Impression, soleil levant* (1872) dal jméno celému výtvarnému směru. Jedním z jeho rysů byla malba mimo ateliér. Ta by ale nebyla možná bez praktického vynálezu umožňujícího snadno přenášet barvy – tuby. *Zdroj Wikimedia Commons, volné dílo*

Když se rozhlédneme kolem sebe, uvědomíme si, že jsme neustále obklopeni nesmírně bohatou škálou barev. Modř oblohy, zeleň trávy, červeně růží či obrazy umělců přitom nejsou jen nahodilými okolnostmi – jsou výsledkem složitých chemických interakcí světla a molekul, z nichž sestává celý náš svět.

SVĚTLO A OKO

Abychom barvy vůbec mohli spatřit, potřebujeme především světlo či přesněji řečeno viditelnou část elektromagnetického záření. Když světlo dopadne na předmět, jsou některé jeho barvy – správně řečeno záření jistých vlnových délek – předmětem pohlceny a zbývající se odrazí. Barvy světla, které se odrazí, jsou ty, které

naše oči vnímají. Za schopností molekuly pohlcovat konkrétní vlnové délky záření stojí v řadě případů přítomnost určitých skupin atomů, zvaných chromofory (z řeckých slov barva a nést). Chromofory často obsahují násobné chemické vazby, v nichž jsou elektrony volně pohyblivé mezi atomy. Právě tyto elektrony mohou pohlcovat energii určitých vlnových délek světla.

Barvy bychom ale nemohli spatřit bez oka – složitého orgánu vzniklého evolucí, jehož schopnost vnímat barvy je dána zvláštními smyslovými buňkami rozlišujícími odstíny šedi a tři základní barvy: červenou, zelenou a modrou. Z tohoto důvodu je vnímání barev vysoce individuální záležitostí a shodnout se na konkrétním barevném odstínu bývá obtížné. Někteří lidé mají barvocit porušený a část barev nevnímají. Tato genetická porucha se označuje jako daltonismus. Jméno jí propůjčil slavný anglický chemik John Dalton (1766–1844), mimochodem jeden z autorů moderní atomové teorie, který touto nemocí sám trpěl a vědecky ji popsal.

BARVY STARÉ A NOVÉ

Jednou z nejvýraznějších oblastí, v níž se barvy uplatňují, je výtvarné umění. Od nejstarších dob využívají malíři barevné pigmenty, látky, které nanesením na povrch mění jeho chemické složení a tím i schopnost pohlcovat a odrážet světlo různých vlnových délek. V nejstarších dobách lidé používali jako pigmenty přírodní minerály – červený cinabarit (sulfid rtuťnatý), žlutý okr (hydratované hydroxidy železa) nebo ultramarín (křemičitany sodno-draselno-hlinité). Práškováný minerál se suspendoval v zasychajícím oleji (obvykle lněném) a taková barva se nanasla na povrch (plátno, desku). Hlavními nevýhodami byly malá dostupnost minerálů a jejich vysoká cena, obtížná příprava barvy a její dlouhé schnutí. A zcela to vylučovalo malbu mimo umělcův ateliér.

Průmyslová a vědecká revoluce na přelomu 18. a 19. století však přinesla významnou změnu. Chemici totiž začali připravovat nové pigmenty, které byly cenově dostupnější a barevně jednotnější než ty přírodní. V roce 1800 například francouzský chemik Louis Nicolas Vauquelin (1763–1829) syntetizoval chromovou žluť (chroman olovnatý). S dalším

rozvojem chemie se paleta dostupných barev rozšiřovala. Nové sloučeniny přinesly jasnější a stabilnější pigmenty, což proměnilo způsob, jakým umělci přistupovali ke své tvorbě. Například syntéza kadmiových pigmentů přinesla jasné odstíny žluté, oranžové a červené, zatímco pruská modř poskytla umělcům živou a spolehlivou modrou barvu, která byla dříve obtížně dosažitelná.

VYNÁLEZ TUBY

Výraznou technologickou inovací bylo zavedení tuby, tenkého kovového válce s uzávěrem, který umožňuje uchovávat barvu v použitelném stavu po dlouhou dobu (brání vysychání pojiva). Tubu vynalezl v roce 1841 americký chemik John Goffe Rand (1801–1873). Právě objev nových barev a jejich dostupnost v tubách byly klíčovým momentem pro velkou revoluci v malířství v 70. letech 19. století. Zrodil se malířský styl impresionismus (podle Monetova obrazu *Impression, soleil levant*, česky *Imprese, východ slunce*), který výtvarníkům umožnil zachytit prchavé efekty světla a podnebí. Barvy v tubách umožnily umělcům tvořit *en plein air* (na volném vzduchu), přímo na místě. Jak prohlásil Jean Renoir, syn proslulého



▲ **Před průmyslovou revolucí používali malíři pigmenty vyráběné z přírodních minerálů. Jedním z nich byl cinabarit (HgS), česky nazývaný podle své barvy rumělká. V Čechách se těžil např. u Hořovic na Jedové hoře. *Zdroj Depositphotos.com***

malíře Auguste Renoira: „Bez barev v tubách by neexistoval Cézanne, Monet, Sisley ani Pissaro, nic z toho, čemu novináři později začali říkat impresionismus.“

Nové barvy a jejich okamžitá použitelnost vedly k revolučním změnám v malířské technice. Impresionisté mísili barvy přímo na plátně. Šedé a tmavé tóny vytvářeli směřováním komplementárních barev, a nikoliv používáním tmavé barvy. A konečně, nanášeli mokrou barvu přímo do mokré barvy, což vytvářelo jemnější okraje a prolínání barev. Výsledkem byla svěžest a živost v malbě, jaká dříve nebyla možná.

MODERNĚ A EKOLOGICKY

I v následujícím, 20. století umělci profitovali z nových syntetických barev, které byly navíc trvanlivější a světloudolné, a tedy neblednoucí. Syntetické pigmenty, jako ftalocyaninová modř, hluboká a intenzivní modrá barva, a chinakridon, bohatý a stálý odstín magenty (fuchsiové barvy), se staly základními barvami moderní palety. Umělci jako Pablo Picasso a Henri Matisse využívali těchto syntetických barev na maximum a často k vyjádření emocí a myšlenek používali odvážné odstíny. Ve 20. století došlo také k vynálezu akrylátových barev, které rychle schnou a dobře přilnou k různým povrchům. Akryly obsahují pigmenty rozpuštěné v syntetické polymerové emulzi, která je ředitelná vodou, ale po zaschnutí je naopak voděodolná.

Náš svět je plný barev, které vděčí za svou existenci chemii. Dnešní chemici navíc pracují na vytváření pigmentů, které jsou nejen krásné, ale také ekologicky šetrné. Pokroky v organické chemii vedou k vývoji netoxických pigmentů a barviv a také k novým způsobům vytváření barev, které vyžadují méně zdrojů a energie. ●

AUTOR JE VEDOUCÍM KATEDRY ANALYTICKÉ CHEMIE

Řešit složité problémy jednoduše

Nové syntetické metody usnadní další výzkum a přípravu organických látek

VERONIKA RUDOLFOVÁ

Rafael Navrátil získal grant Junior Star od Grantové agentury ČR a na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy díky němu založil novou laboratoř a výzkumnou skupinu. V rámci svého studia a vědecké kariéry si vyzkoušel různá vědecká témata, působil v několika výzkumných skupinách a v roce 2020 díky *Nadaci Experientia* vycestoval na stáž do laboratoře profesora Phila Barana v americkém San Diegu.

Vyzkoušel jste si práci v řadě českých i zahraničních institucí. Jak hodnotíte zkušenosti z různých laboratoří a výzkumných skupin?

Možnost pracovat v různých laboratořích s různými vedoucími a spolupracovníky a vyzkoušet si různé experimentální techniky je pro vědce naprosto zásadní. Mladým výzkumníkům vždy radím, ať jdou studovat do zahraničí nebo ať tam alespoň jedou na stáž. Za rok nebo dva se každý v laboratoři naučí všechno, co se tam naučit dá. Proto je určitě chyba zůstat na jednom pracovišti déle a věnovat se jen jednomu výzkumnému tématu. Ve vědě je potřeba se neustále učit dalším novým věcem, metodám a přístupům. Vymýšlení zajímavých výzkumných témat je možné, jenom když má člověk velký přehled, chce zkusit různé věci a diskutuje s dalšími vědci.

V rámci svého studia jste vystřídal několik výzkumných témat. Čím se zabýváte v současné době a jaký výzkum se bude odehrávat ve vaší nové laboratoři?

Zabýváme se vývojem nových syntetických metod v organické chemii s využitím katalýzy a elektrochemie. Jde jednak o molekulové editování (angl. molecular editing), určené pro předví-

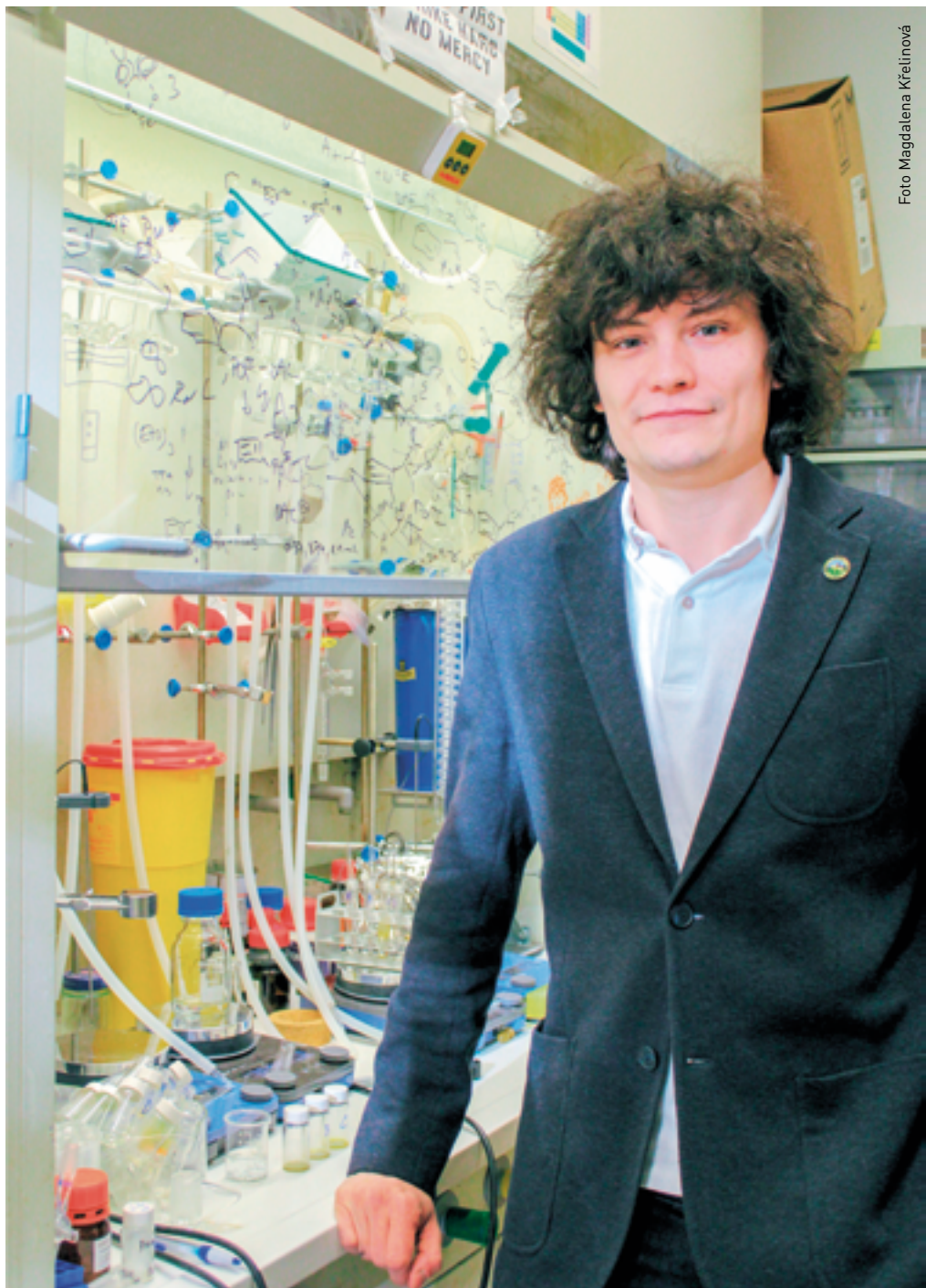


Foto Magdalena Křelínová

datelnou a kontrolovanou manipulaci (např. migraci) funkčních skupin v organických molekulách, jednak o metody pro tvorbu vazeb uhlík–uhlík a uhlík–dusík na sp^3 hybridizovaných atomech uhlíku. Řada sloučenin totiž nikdy kvůli tomu, že jejich příprava je velmi náročná a drahá, nenajde praktické uplatnění. Proto je nutné vyvinout nové syntetické metody s cílem usnadnit další výzkum a přípravu organických látek – zkrátit počet reakčních kroků, najít levnější výchozí látky, levnější a efektivnější katalyzátory, lepší rozpouštědla a podobně. Můj školitel v Americe profesor Phil Baran měl jasnou vizi: „Řešíme složité problémy tím nejjednodušším způsobem.“ To je filozofie, kterou ve svém výzkumu také uplatňuji. Vyhledám komplexní otázky a nevyřešené problémy v organické chemii a hledám k nim jednoduché odpovědi a řešení, která mohou najít široké uplatnění.

Mohl byste uvést nějaký konkrétní příklad?

Mnoho chemických reakcí vyžaduje katalyzátor, který často obsahuje přechodný kov, jako je palladium nebo platina. Při reakci v malém množství se cena, dostupnost a environmentální dopad katalyzátoru řeší jen v malé míře. Naopak pokud je potřeba takovou reakci provést ve větším, například kilogramovém množství, jsou cena, dostupnost a toxicita katalyzátoru zcela zásadními faktory. Zdroje kovů jako palladium a platina jsou navíc omezené, a proto není udržitelné používat tyto kovy v takovém množství jako dnes, neboť za několik desítek let už nemusí být k dispozici. A omezujícím faktorem mohou být také geopolitické problémy.

Jak se v tomto případě nabízí řešení?

V mojí laboratoři využíváme dostupnější kovy (např. nikl, měď nebo železo) a elektrochemii, jelikož se jedná o efektivní a levný způsob pro aktivaci organických

molekul a ovlivňování katalytických dějů pomocí elektronových přenosů. Překvapivě je to historicky jedna z nejstarších metod, jak vytvořit vazbu uhlík–uhlík. Už Faraday pozoroval v 19. století vznik ethanu při elektrolýze kyseliny octové. Elektrochemie byla jedním z důvodů, proč jsem jel v roce 2020 na stáž do Ameriky do výzkumného ústavu *Scripps Research*. Tam jsem se naučil zacházet s nejmodernějším elektrochemickým vybavením pro organickou syntézu. Dříve bylo potřeba pracovat s dost komplikovanými přístroji vyrobenými „na koleni“. Dnes je komerčně dostupný přístroj, do kterého jednoduše vložíte vialku s reakční směsí, na displeji zvolíte elektrochemické parametry, zmáčknete tlačítko a ve vialce běží elektrochemická reakce.

Od vyvinutí tohoto přístroje je syntetická elektrochemie velmi jednoduchá a věnuje se jí mnoho vědců. Umožňuje totiž docílit i úplně nové chemické reaktivity a připravit tak mnoho nových a zajímavých sloučenin. Navíc elektrochemie funguje v průmyslovém měřítku velmi dobře a elektrochemické procesy (např. výroba hliníku nebo chloru) produkují ročně miliony tun produktů. Nikdo proto nebude pochybovat o tom, že elektrochemická reakce, která mi běží v malé baňce, bude fungovat i ve velkém měřítku.

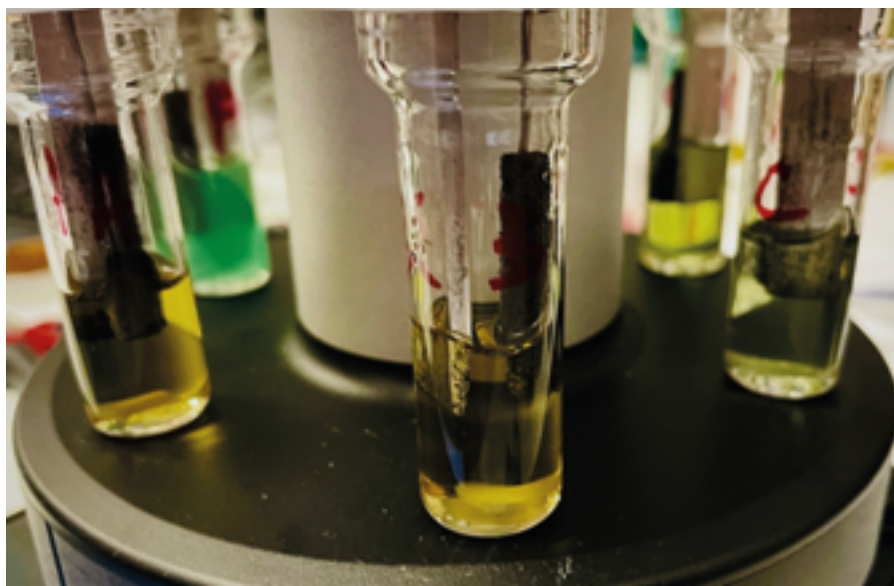
Plánujete spolupráci s podniky a výrobu látek na zakázku například pro farmaceutické firmy?

Dosud jsem se v Čechách v oblasti organické chemie s takovou spoluprací setkal jen výjimečně. V Americe to bylo přesně naopak. Řada projektů řešených ve *Scripps Research* byla navázána na výzkum ve farmaceutických firmách a řešili jsme například zjednodušení syntéz nebo jsme hledali nejlepší reakci pro žádanou chemickou transformaci. Vysoké školy a jejich výzkum jsou v USA úzce navázané na firmy, které studenty a pracovníky škol a vědeckých institucí finančně podporují, a pro obě strany je to výhodné. Bohužel v Čechách toto v současnosti moc nefunguje.

Zatím plánujeme spolupracovat s medicínálními chemiky, biochemiky a biology, protože nové syntetické metody vyvinuté u nás v laboratoři už z definice povedou k novým látkám s potenciální biologickou aktivitou. Určitě nechci dělat výzkum jen kvůli výzkumu samotnému, naopak se chci především zabývat řešením problémů s reálným dopadem a širokým využitím. ●



Spolufinancováno
Evropskou unií



Do chemických hlubin po deváté

Tradiční chemická akce pro střední školy se opět vydařila

SIMONA PETRŽELOVÁ

Na Chemické sekci PŘF UK se 29. a 30. 10. 2024 uskutečnil již 9. ročník dvoudenního semináře Cesta do hlubin studia chemie. Akce, která je určena pro učitele chemie středních škol a jejich žáky, se tentokrát zúčastnilo 65 učitelů a 80 žáků.

V rámci programu absolvoval každý učitel dvoje z celkem šesti nabízených laboratorních cvičení kupříkladu na téma Barevné halogenidy kovů, Chemie hrou či Historické experimenty z analytické chemie. Akademičtí pracovníci ze všech šesti kateder chemické sekce pak pro ně přednesli celkem jedenáct přednášek, za všechny jmenujme Přírodní látky, využití, zneužití a jiné příběhy, Cystická fibróza: možnosti alternativní terapie s využitím slepičích protilátek či Nanochemie. V rámci exkurzí zavítali návštěvníci na celkem devět vybraných pracovišť sekce. Svě dveře jim otevřelo NMR servisní pracoviště, pracoviště s 3D tiskárnami či laboratoř fluorescenčního mikroskopu.

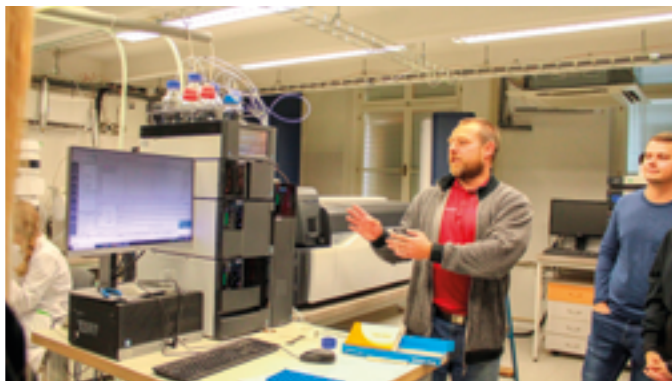
V rámci programu nejprve žáci a učitelé vyslechli od pana proděkana Chemické sekce, prof. Ivana Němce, informace o všech katedrách chemické sekce



a poté informace ze studijního odboru od proděkanky pro koncepci studia, doc. Milady Teplé. Pro žáky bylo poté připraveno pět přednášek s různou tematikou – Světlo a organické sloučeniny, Medicinální využití derivátů ferrocenu, Impresionismus barev a barvy impresionismu atd. Žáci pak absolvovali celkem tři laboratorní cvičení, například Základní biochemické metody, Barevnost látek či Příprava methylovaného a její využití při stanovení kyseliny

neutralizační kapacity kohoutkové vody. Program prvního dne byl navíc doplněn divadelním představením s názvem Zázraci z Přírodovědy, jehož hlavními autory a aktéry byly doc. Petr Šmejkal, dr. Pavel Teplý, dr. Luděk Míka a dr. Eva Stratilová Urválková z Katedry učitelství a didaktiky chemie PŘF UK.

Všem akademickým pracovníkům a studentům, kteří se na hladkém průběhu semináře podíleli, děkujeme! ●



3x foto Magdalena Křelínová

Přírodovědci sobě 2024

Proběhla každoroční podzimní akce plná zábavy a networkingu

VERONIKA RUDOLFOVÁ



2x foto Ondřej Juha

Pro Přírodovědeckou fakultu Univerzity Karlovy je charakteristický bohatý a pestrý studentský život, což se promítá i do skutečnosti, že se na akci Přírodovědci sobě každý rok představují nové spolky. Nejinak tomu bylo i letos.

Na začátku akce organizátoři poděkovali dosluhujícímu děkanovi, prof. Jiřímu Zimovi, za podporu studentských aktivit a studentského života na fakultě a věnovali mu strom, který zasadili na jeho oblíbených Albertovských stránkách a umístili k němu plaketu s věnováním.

Poté už začalo představování jednotlivých spolků, který se letos zúčastnilo celkem 18. Součástí byly samozřejmě i pozvánky na různé akce a exkurze.

Čerstvé studenty geologie by určitě měla zajímat Geologická akademická liga, která organizuje dvě velké akce – Poprvé? Aneb jak na první zkouškové a následně Survival party pro ty,

kteří nástrahy nástupu na vysokou školu zvládnou. Z exkurzí SGA Student Chapter Praha si prý zase odvezete hodně zážitků, ale i hodně kamení. Zoufat nemusí ani studenti učitelství. Nově je tu pro ně právě vznikuvší spolek Element učitelství, který sdružuje aktivní studenty učitelství všech oborů a dvouoborů.

Pro zájemce o sport jsou zde florbalový, turistický, hokejový nebo horolezecký spolek. Na své se mezi fakultními spolky přijdete ale i v případě, že máte rádi oficiálnější akce nebo i poněkud ztřeštěnější hry. Nový spolek Element se snaží propojovat studenty napříč sekcemi a propagovat fakultu na oficiálních akcích typu Na Karlovku nebo na oslavách 17. listopadu.

Trojice spolků Fluorescenční noc, Sdružení Arachne a Korespondenční seminář Biozvěst se zaměřují spíše na středoškoláky a budoucí potenciální studenty přírodovědecké fakulty. Tyto

spolky úzce spolupracují, ale také samostatně organizují soustředění, expedice pro úspěšné řešitele či „roztodivné vypečené hry“. Ale jak podotkli členové Biozvěstu: „Potřebujeme novou krev. Většina našich členů stárne a dochází jim tudíž čas“. Takže pokud byste měli chuť vymýšlet otázky pro středoškoláky nebo se jinak podílet na jejich aktivitách, ozvěte se jim.

Během večera se představil také celouniverzitní spolek Charlie, který sdružuje členy z LGBTQ+ komunity i další příznivce. Vzdáleně pozdravili také Kuba a Majda ze Studentské Hybernské a ústy Anny Altové připomněli, že jsou tu „pro všechny lidi, co plánují na víc než týden dopředu“.

Reportáž o celé akci si můžete přečíst po načtení QR kódu.



Fakulta na stránkách románu

Nová kniha zachycuje fiktivní i skutečné události dob (ne)dávno minulých

Novinář a spisovatel Martin Uhlíř situoval děj své nové knihy *Můj mladší bratr* do druhé poloviny 80. let a prostředí Přírodovědecké fakulty UK, již je absolventem. Jaká zde v té době panovala atmosféra a jak ji prožívali tehdejší studenti?

Marek žije typickým životem studenta v osmdesátkovém Československu. Chodí na přednášky, mejdany a povinná vojenská cvičení a vytrvale usiluje o krásnou a nedostupnou Annu. Jenže ta má jiné starosti. Aktivně se zapojila do šíření petice Augustina Navrátila za náboženskou a občanskou svobodu – největší akce svého druhu v socialistic-



kém Československu. Katolička Anna chce agitovat a sbírat podpisy, ať už je to za jakoukoliv cenu. Marek do akce s peticí přímo zapojen není, ale paradoxně je to on, kdo dopadne nejhůř.

Román z vysokoškolského prostředí vypráví Markův bratr na základě fiktivního deníku hlavního hrdiny. Současně je inspirován i skutečnými zážitky a vzpomínkami autora Martina Uhlíře. V jeho podání má návrat do 80. let daleko k „milému retru“ a otevírá nepravoplánově pojatá témata víry či odlišné sexuální orientace. ●

Můj mladší bratr. Martin Uhlíř, Paseka 2024, 320 stran.

Výstava Fotografický atlas rostlin ČR

Putovní botanická expozice v 1. patře děkanátu na Albertově

Vystavené fotografie představují připravovanou encyklopedickou knihu Fotografický atlas rostlin České republiky. Bude to historicky první obrazová kniha obsahující přibližně 9 tisíc fotografií a stručné informace a mapky rozšíření ke všem planým rostlinám v naší zemi. Poslouží tak při poznávání české flóry zejména široké veřejnosti, ale bude dobrým podkladem i pro profesionální botaniky, protože v ní budou zpracovány i obtížně určitelné skupiny rostlin, které v běžných atlasech nenajdeme. Fotografický atlas bude ještě tři roky tvořit více než 100 fotografů. Odbornou práci provádí 22 botaniků ze čtyř univerzit, dvou výzkumných ústavů a dvou muzeí. Finančně tvorbu knihy podporuje veřejnost, 21 patronů, 12 děkanů vysokoškolských fakult a také několik krajů.

Průběžně probíhá sazba hotových částí atlasu. Brožura Orchideje, zárazy a mor-dovky je první vlašťovkou. V závěrečných korekturách bude kniha v roce 2027.

Do té doby můžete práci na knize sledovat nebo podpořit. Fotografující botanici, z. s.

www.fotoatlas-rostlin.cz ●



Příroda, jak ji neznáte

Podnětné rozhovory s vědci nad zvířaty a lidmi



Jak (si) žijí velryby, vlci, tučňáci, luskouni, potkani, klíšťata či komáři ve světě, který stále více ovlivňují lidé? Odpovědi hledá redaktorka Deníku

N Lenka Vrtišková Nejezchlebová ve dvacítce rozhovorů s vědkyněmi a vědci, mimo jiné i z naší přírodovědecké fakulty. Knihu lze zakoupit ve fakulním

e-shopu (načtete QR kód). „Pokud se chceme dozvědět něco nového, a nejen posilovat naše apriorní představy, jak člověk škodí (nebo eventuálně neškodí) přírodě, je možná nejlepší ptát se lidí, kteří se přírodou a zvířaty přímo zabývají. To přesně udělala Lenka Vrtišková Nejezchlebová v této knize (respektive nejdříve v sérii rozhovorů pro Deník N). Výsledek je docela ohromující. Vystává před námi plastický obraz přírody kolem nás, s nejrůznějšími problémy, zapeklitostmi a podivnostmi. Detailní pohled na zvířata a s nimi spojené fenomény často ukazuje, že vše je trochu jinak, než si lidé běžně myslí. Rozhovory ukazují svět pestřejší, než jak ho typicky předvádějí knihy a přírodovědné dokumenty.“ David Storch, biolog, Přírodovědecká fakulta a Centrum pro teoretická studia Univerzity Karlovy a Akademie věd ČR. ●

Zvířata v éře lidí. Lenka Vrtišková Nejezchlebová, N media 2024, 304 stran

Staň se geoložkou!

Neotřelý pohled na obor, který už dávno není jen pro „odolné muže“

Geologie je stále většinově pokládána za převážně „mužskou“ disciplínu. Přetrvává názor, že to je tvrdá, fyzicky náročná disciplína, která vyžaduje velkou časovou flexibilitu, obtížně slučitelnou s rodinným životem a požadavky, která naše společnost na ženy i dnes klade. Přitom v oblasti věd o Zemi působí řada špičkových odbornic, vědkyň a výzkumnic, ženy se u nás věnují nejen paleontologii, mineralogii nebo petrologii, ale třeba i geofyzice, geochemii nebo inženýrské geologii. Působí také



v tzv. podpůrných činnostech, jako je knihovnictví, oblast IT nebo jako tech-

ničky v laboratořích. A tím výčet zdaleka nekončí...Jen o tom málokdo ví. Autorka, sama geoložka – absolventka Přírodovědecké fakulty UK, obor geologie ložisek nerostných surovin, se rozhodla některé z nich oslovit a zeptat se jich, proč se rozhodly pro studium geologie, jakých úspěchů v ní dosáhly, zda zpětně své volby nelitují a také jak se jim dařilo skloubit profesní a rodinný život... ●

Jak se stát geoložkou. Zdeňka Petáková, Česká geologická služba 2024, 100 stran



Všechny barvy světa

FOTO PETR JAN JURAČKA

Chemická duha. Shora dolů:

$K_3[Fe(CN)_6]$ červená krevní sůl

$K_2Cr_2O_7$ dichroman draselný

K_2CrO_4 chroman draselný

$NiCl_2 \cdot 6H_2O$ niklbischofit

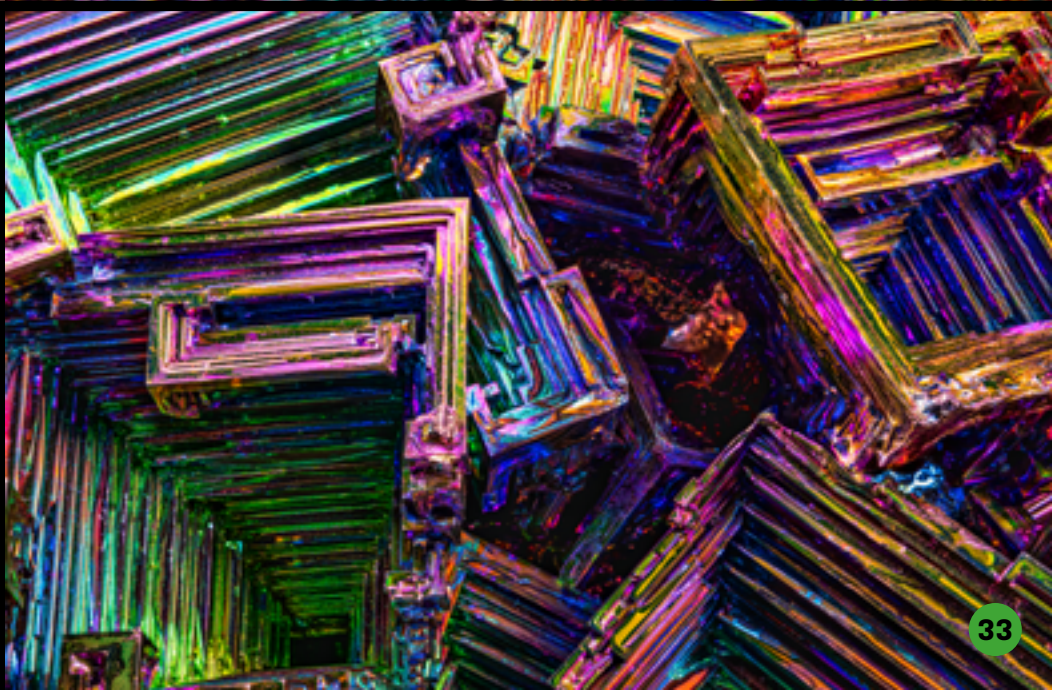
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ modrá skalice

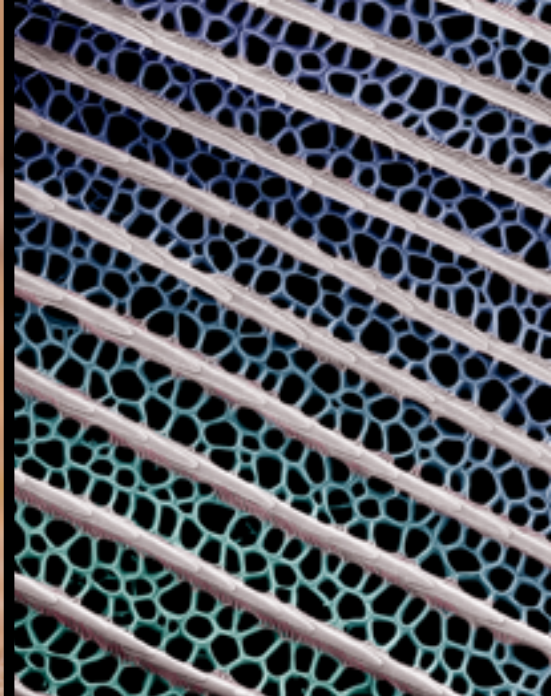
$[Cu(en)_2]SO_4$ síran bis(ethyldiamin)měďnatý

Peří většiny ptačích druhů obsahuje barvivo astaxanthin ze skupiny karotenoidů. Růžové barvivo plameňáků pochází z koryšů a řas, které plameňáci filtrují ve vodě. Pokud se toto barvivo nepřidá do krmné směsi plameňákům žijícím v zajetí, o svoji růžovou barvu přicházejí.



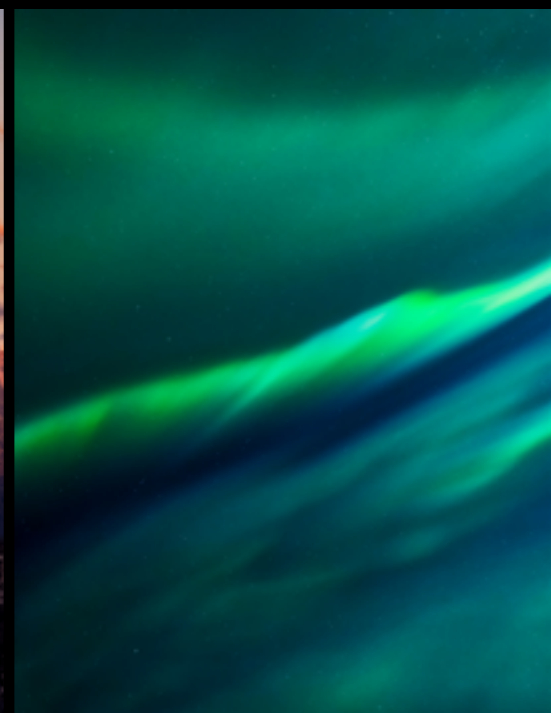
► Barevnost bizmutu je výsledkem optických jevů způsobených jeho jedinečnou krystalovou strukturou a tenkou oxidovou vrstvou, která se na jeho povrchu tvoří. Tato vrstva odděluje povrchový bizmut od jeho vnitřní hmoty a způsobuje, že se světlo, které dopadá na povrch, různě odráží. Barevnost, kterou vidíme, je výsledkem interference světla. Při ní se světelné vlny kombinují a vytvářejí určité barvy na základě jejich vlnových délek.

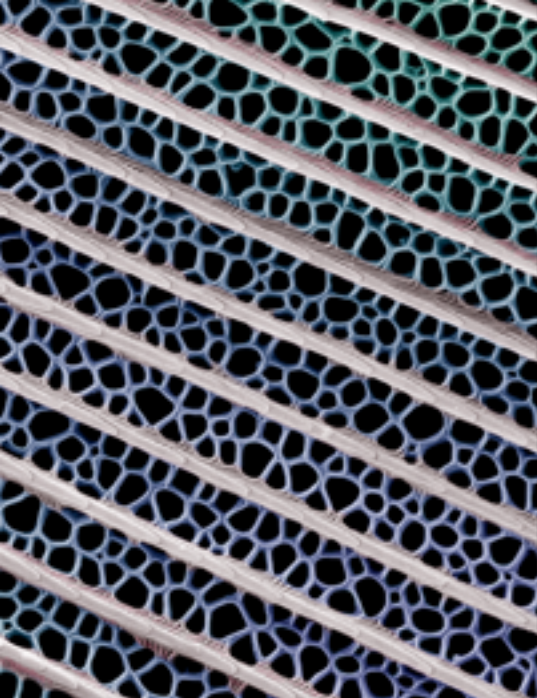




▲▶ Na křídlech otakárka, stejně jako na křídlech dalších motýlů, nalezneme tzv. fotonický krystal (zvětšeno elektronovým mikroskopem 10 000x). Tato struktura umí lámat denní světlo a vytvořit tak neopakovatelný lesk modré, zelené či například červené barvy. Z této struktury vzešla původně i technologie LCD, tedy i displej vašeho mobilního telefonu.

▼ Molekuly vzduchu rozptylují světlo, které dopadá do naší atmosféry. Jednotlivé barvy světla se ale nerozptylují stejně. Nejvíce se rozptylují krátké vlnové délky, tedy modrá více než červená. Proto se nám obloha jeví jako modrá. Při západu je Slunce nízko nad obzorem a jeho světlo musí projít silnější vrstvou atmosféry. Modré světlo se rozptýlí natolik, že ho téměř nevidíme, a k našim očím se dostávají především delší vlnové délky, červená a oranžová. Vznikají pak typické červánky.





▼ Polární záři – auroru borealis, způsobují kolize mezi energetickými částicemi ze slunečního větru a atomy v zemské atmosféře, především kyslíkem. Když tyto částice narazí na atomy kyslíku ve výškách kolem 100–300 km, energii uvolňují ve formě světla, nejčastěji zelené barvy.



▲ Fyzikální zbarvení, tedy na základě lomu, odrazu a skládání světla, nalezneme u některých minerálů, řady druhů hmyzu anebo v peří mnoha druhů ptáků, jako je například tento ara ararauna.

Snazší cesta k polypropylenu

Modifikovaný katalyzátor usnadní výrobu žádaného materiálu

Obaly na potraviny, textilie nebo autodíly. Všechny tyto věci mají jedno společné. Tím pojítkem je syntetický materiál polypropylen. Ten se vyrábí z propenu, který se získává z ropy. A díky novému objevu mezinárodního týmu vědců, který vedl Jan Přeč z Přírodovědecké fakulty UK ve spolupráci s předním výrobcem katalyzátorů, společností Johnson Matthey, by nyní jeho výroba mohla být snazší a šetrnější k životnímu prostředí. Své poznatky vědci publikovali v prestižním vědeckém časopise *Chemical Engineering Journal*.

Propen je základní surovinou pro chemický průmysl, zejména při výrobě plastů, které každý z nás používá den co den. Poptávka po něm se tak pocho-pitelně neustále zvyšuje, a to rychleji než poptávka po ethenu (zastarale ethylenu), který je druhým hlavním produktem dosavadní tradiční metody výroby ethylenovou pyrolýzou. Proces, při kterém se z delších uhlovodíkových řetězců vyrábějí kratší, více hodnotné, se nazývá krakování. Kratší řetězce se pak používají například pro výrobu paliv, jako je benzín, nebo právě k výrobě plastů. S odklonem od fosilních paliv se mění i poslání existujících rafinérských procesů ve smyslu přechodu od výroby paliv právě k výrobě chemikálií. V tomto smyslu může produkce propenu z krakování vykrýt vznikající mezeru mezi poptávkou po ethylenu a propenu.

Zefektivňování procesu katalytického krakování ropy se vědci věnují již dlouho, avšak nynější studie odhaluje typy a role jednotlivých forem železa v zeolitovém katalyzátoru ZSM-5. Pokud je tento katalyzátor, původně hlinitokřemičitan,



▲ Polypropylen je významný průmyslový materiál. Zjednodušení jeho výroby by mělo značné ekonomické i ekologické dopady. *Zdroj Shutterstock.com*

modifikován železem, dokáže zvýšit selektivitu krakování vůči propenu. Až dosud však nebyl znám přesný průběh tohoto procesu, což bránilo jeho efektivnímu využití v praxi.

Železo se v katalyzátoru vyskytuje v několika formách a ty navíc mají tendenci se za podmínek reakce měnit. Důležité jsou železité ionty tvořící silná lewisovskými kyselá centra ve struktuře katalyzátoru, která jsou klíčová pro krakování za produkce žádaných produktů, tedy propenu a také butenu. „Výzkum nicméně rovněž naznačil, že existuje ještě alternativní iniciační mechanismus krakování, zahrnující dehydrogenační krok, který je zodpovědný právě za zvýšenou selektivitu vůči tvorbě propenu. Znalost konkrétních

žádoucích forem železa nyní umožní hledat způsoby, jak je stabilizovat a ve výsledku do existujících krakovacích jednotek připravit a nasadit upravené katalyzátory, produkující zjednodušeně více propenu (a dalších petrochemikálií) a méně benzínu, což je jedním z kroků postupného odklonu od fosilních paliv,“ vysvětluje doktor Přeč.

Ačkoliv katalytické krakování není zrovna bezemisní proces, jeho využití pro produkci propenu namísto výroby této chemikálie ethylenovou pyrolýzou povede k jistým úsporám oxidu uhličitého. Využití již existujících výrobních kapacit prospěje kromě toho nejen přírodě, ale také značně ušetří finanční náklady na výstavbu nových výrobních jednotek. ●

S chemií za zády

Zajímavé přírodní lokality naleznete na našem území prakticky všude

PETR SOUČEK



▲ Unikátní sprašová rokle u Zeměch leží sice mimo turistické značky, její návštěva ale za malou zacházku stojí. Foto Petr Souček

Lákat čtenář na přírodovědný výlet do okolí Kralup nad Vltavou, průmyslového města zasvěceného chemii, nedává na první pohled smysl. Žijeme ovšem v Česku a předsudky nejsou na místě – v podstatě kdekoliv na našem území lze najít přírodní zajímavosti hodné naší pozornosti. Kupříkladu poblíž centra Kralup se nachází Hostibejk – kdysi součást prvohorního mořského dna, dnes přírodní památka a naleziště zkamenělin. Lokalita je ovšem chráněna především jako tzv. referenční profil, definující standard geologických vrstev. Kdo se nechal zlákat a dal Kralupům šanci, může od Hostibejku pokračovat po červené značce směrem Minice, lze ale také využít autobusovou linku 857. U jeho konečné zastávky totiž vstupuje značka do údolí Zákolanského potoka.

Hned z kraje se na levé straně nachází pozůstatky hradiště Minice ze starší doby železné, naproti němu pak přírodní památka Minická skála se zbytky stepních společenstev. Další chráněnou

skálu – Otvovickou – s výskytem teplo-milných druhů, minete o kilometr dál. V Otvovicích pak doporučujeme odbočit ze značky do nedalekých Zeměch. Důvodem je významná přírodní památka, tzv. sprašová rokle. Spraše vznikaly během dob ledových a meziledových. Jedná se o mocné vrstvy křemenného materiálu s hojnou jílovkou a též i vápnitou příměsí, které vznikly vyvátím jemnozrného materiálu z teplých i studených pouštních oblastí nebo jiných oblastí bez vegetačního pokryvu, ležících např. v předpolí kontinentálních ledovců.

Rokle u Zeměch má délku cca 300 metrů a hloubku až 15 metrů a je v ní jasně patrný stratigrafický profil mezi starším a mladším pleistocénem, v jehož vrstvách je možné pozorovat černozem na spraši. Spraše se zde ukládala více než 200 tisíc let a je vzácným záznamem o tomto dlouhém období. Spraš lidé využívali pro různé účely od nepaměti, byla například

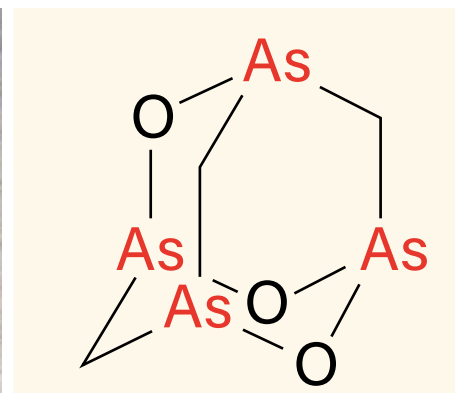
těžena jako hlína pro vymazávání kamen. Zdaleka nejslavnější použití spraše však představuje Věstonická venuše, soška z pálené hlíny z doby mladšího paleolitu, nalezená na jižní Moravě v roce 1925. Rokle u Zeměch je jako přírodní památka chráněna od roku 1986 a průběžně dochází k jejímu čištění od náletových rostlin, zejména invazních akátů.

Po návratu na červenou značku na vás čeká dalších několik kilometrů údolím potoka až do Zákolan, kde se nachází jedna z nejvýznamnějších křesťanských památek na území Čech – hradiště Budeč s rotundou z přelomu 9. a 10. století, kde byl patrně vychováván sv. Václav. Archeologické nálezy nicméně dokazují, že místo bylo obýváno daleko dříve, v mladší době bronzové (Knovízská kultura). V Zákolanech je možné výlet ukončit a nasednout na vlak či autobus směrem Praha. Ale správný turista by měl ještě chvíli pokračovat, protože k poslední zastávce tohoto výletu vede „cesta, jako žádná ze sta“.

Jak se žije s arsenem

Prvek známý svou jedovatostí nalezneme i v tělech některých mořských organismů

MARTIN KOTORA



◀▲ Mořská houba *Echinochalina bargibanti* a arsenicin A. Zdroj IRD

Ačkoliv patří prvky fosfor a arsen do jedné skupiny a mají podobné chemické chování, na živé buňky působí zcela opačným efektem. Zatímco fosfor patří mezi zásadní biogenní prvky, arsen a jeho sloučeniny jsou obvykle prudce jedovaté. Tedy alespoň ve většině případů.

Arsen a jeho sloučeniny jsou známé již od starověku, stejně jako jejich jedovatost. V tomto ohledu je pravděpodobně nejznámější oxid arsenitý (As_2O_3) známý pod jménem arsenik (česky otrušík či utrejch), který získal přívlastek král jedů. Jeho výhodou pro travičské účely je zejména dobrá rozpustnost ve vodě. Mezi další starověku známé sloučeniny arsenu patří sulfid arsenitý (As_2S_3) a sulfid arsenu (As_4S_4), které se vyskytují v přírodě jako minerály orpiment a realgar. Oba se využívaly při přípravě barevných pigmentů – první z nich má barvu zlatožlutou, druhý červenou.

Kromě celé řady anorganických látek je arsen i součástí mnohých organických sloučenin připravených během uplynulých

dvou stoletích. Jakkoli to může znít podivně, za první „organokovovou“ sloučeninu je považován tzv. kakodyl (tetramethyldiarsin $\text{Me}_2\text{As}-\text{AsMe}_2$), jenž byl připraven již v roce 1760. Jedná se o látku s velmi intenzivním a nepříjemným česnekovým zápachem a o jeho škodlivosti pro živé organismy naprosto nelze pochybovat. Přes kakodyl se dostáváme do království další organických sloučenin arsenu jako jsou arspenamin, širší veřejnosti známá spíše jako Salvarsan nebo „sloučenina 606“, první opravdu účinná látka při léčbě syfilis.

Ačkoliv by se mohlo zdát, že organické sloučeniny arsenu jsou výplodem syntetického ducha a lidské představivosti a činnosti, opak je poněkud překvapivě pravdou. Izolace různých látek z přírodních zdrojů udělala za poslední století obrovský rozvoj, který vedl k poznání, že existuje celá řada různých organických sloučenin arsenu vytvářených přírodou. Jako typický příklad je možné uvést arsenobetain ($\text{Me}_3\text{As}^+\text{CH}_2\text{COO}^-$), který vzniká v některých mořských biolo-

gických systémech a je ve srovnání s ostatní sloučeninami arsenu jedovatý jen minimálně.

Nejkurióznější sloučeninou arsenu je však patrně arsenicin A, který byl poprvé izolován v roce 2006 z mořské houby *Echinochalina bargibanti* vyskytující se v oblasti Nové Kaledonie. Jeho význačným rysem je výjimečná klecová struktura, jež je totožná s atomárním uspořádáním adamantanu. V podstatě je možné říci, že se jedná o derivát adamantanu, ve kterém jsou některé methylenové a methinové atomy uhlíku nahrazeny atomy arsenu a kyslíku. Vzhledem k vnitřnímu uspořádání atomu je tato sloučenina chirální a je možné ji rozdělit na jednotlivé enantiomery. Za pozornost stojí zejména její vysoká cytotoxicita vůči buňkám promyelocytické leukémie, jež předčí aktivitu jiných farmaceutických preparátů. Jak vidno i prvky a jejich sloučeniny, které se na první pohled nezdají slučitelné s životem, umí některé organismy využít pro svůj prospěch. ●



Seznam bakalářských programů

Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy



Univerzita
Karlova

Biologie

- Bioinformatika
- Biologie
- Biologie se zaměřením na vzdělávání
- Biologie se zaměřením na vzdělávání pro sdružené studium
- Ekologická a evoluční biologie
- Molekulární biologie a biochemie organismů

Chemie

- Biochemie
- Chemie
- Chemie a fyzika materiálů
- Chemie se zaměřením na vzdělávání
- Chemie se zaměřením na vzdělávání pro sdružené studium
- Klinická a toxikologická analýza
- Medicinální chemie

Ochrana prostředí

- Ochrana životního prostředí

Combination of biology, chemistry and physics

- Science (taught in English)

Geografie

- Aplikovaná geografie, specializace:
 - Fyzická geografie a geoinformatika
 - Sociální geografie a geoinformatika
- Demografie, specializace:
 - Demografie se sociální geografii
 - Demografie se sociologií
 - Demografie s historií
- Geografie a kartografie
- Geografie se zaměřením na vzdělávání
- Geografie se zaměřením na vzdělávání pro sdružené studium
- Hydrologie a hydrogeologie
- Vědy o Zemi

Geologie

- Geologie
- Geologie se specializací Geoarcheologie
- Geologie se zaměřením na vzdělávání pro sdružené studium
- Geotechnologie
- Hospodaření s přírodními zdroji
- Hydrologie a hydrogeologie
- Praktická geobiologie
- Vědy o Zemi

Den otevřených dveří: 24. - 25. 1. 2025



Přírodovědecká fakulta
Univerzita Karlova

www.natur.cuni.cz



Univerzita
Karlova

Den otevřených dveří na PřF UK

24.–25. 1. 2025



Přírodovědecká fakulta
Univerzita Karlova