



Slovenský časopis o chémii, Ročník 22, Číslo 1, Rok 2026 (jún), ISSN 1336-7242

# ChemZi - Chemické zvesti

## 20. výročie



hy progresivní metody, z kterých některé sú uvedené na obr.1. Prvou je sú straty žiarenia absorpciou v plazme a zmena šasovej dĺžky optického in-

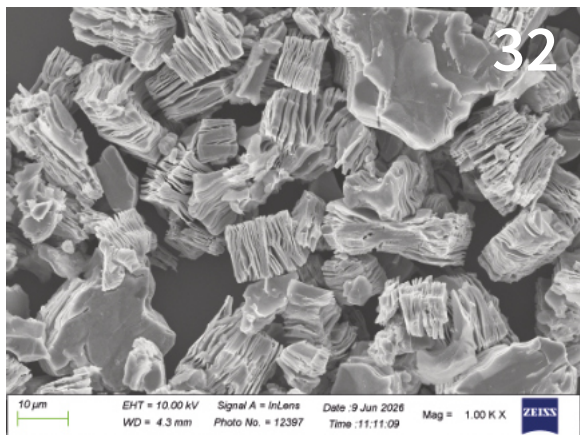
7/14). Hlavný dôraz je pri tom kladen na využitie filamentácie pri návrhu no-





6

18



32



37

4

27. ročník benefičného koncertu  
k pocte akademika Otta Wichterleho

5

Slovenská chemická spoločnosť  
udelila ocenenia

6

Čo sú to PCB?

8

Slovenská chemická spoločnosť  
má novú prvú podpredsedníčku

9

CECE 2026 – 20. medzinárodné  
interdisciplinárne stretnutie  
o bioanalýze

10

Začiatky kvantovej chémie (1)

12

Cukor klame v káve – v krvi hovorí  
pravdu

13

125. výročie narodenia Dobroslava  
Prístavku

14

50. výročná konferencia  
o kvasinkách

15

SAV na „Veľtrhu vedy v Prahe“

16

Kvasinky ako nové potenciálne  
riešenie na zvýšenie úrody počas  
sucha

17

Vedec roka SR 2025

18

L'Oréal – UNESCO Pre ženy vo vede  
2025:  
Tri slovenské vedkyne získali  
prestížne ocenenia

20

Chemický náboj 2026

21

Mladé talenty v chémii: úspech  
Karolíny Kolárikovej na celoštátnom  
kole SOČ

22

Odporúčania a Technické správy  
IUPAC, ktoré vyšli v PAC v druhom  
polroku 2025 a v prvom polroku 2026

22

Dvadsať rokov Emeritus klubu  
FCHPT STU

23

Vybrané informácie z výročného  
zasadnutia a Odborného seminára  
Slovenského národného komitétu  
IUPAC (SNK IUPAC)

24

Zelená analytická chémia a analýza  
intaktných proteínov: pokroky  
a výzvy

25

Stanislav Rádl: LÉČIVA –  
Mýty a skutočnosť

26

Perspektívy elektrochemickej  
detekcie biologicky aktívnych látok  
v prietokových analytických systé-  
moch

27

Predseda Slovenskej chemickej  
spoločnosti finalistom Krištáľového  
kridla 2025

28

Perovskity - sľubné materiály  
pre fotovoltiku

31

Výskum a testovanie výbušnosti  
prachov rozvírených vo vzduchu  
na Slovensku - Skúšobné  
laboratórium protivýbuchovej  
prevencie STU

32

MXény ako moderné  
2D nanomateriály

37

ChemZi - 20. Výročie

# European Chemical Societies Publishing

- An association of 16 chemical societies
- From 15 European countries
- Representing over 75,000 chemists
- Publishing 20 high-quality journals



[www.chemistry-europe.org](http://www.chemistry-europe.org)



## Milí čitatelia ChemZi – Chemické Zvesti,



oslavujeme. Máme 20. výročie nášho časopisu a je to pre nás významný milník. Tešíme sa, že sme stále tu, s vami, a už toľko rokov prinášame všetko zaujímavé, čo sa týka chémie. Za vznikom každého čísla stoja Slovenská chemická spoločnosť ako jeho vydavateľ, Chemický ústav SAV, v. v. i., ako náš partner a podporovateľ, redakčná rada a, samozrejme, všetci autori, fotografi a ďalší spolupracovníci, ktorí sa na príprave jednotlivých čísel podieľajú svojou prácou, finančnou podporou alebo jednoducho svojou priazňou.

V tomto čísle prinášame informácie o udalostiach z prvého polroka 2026. Na výročnom zasadnutí Výboru Slovenskej chemickej spoločnosti sa odovzdali viaceré ocenenia a pripomenuli sa aj ďalšie aktuálne udalosti zo života spoločnosti. Jej predseda profesor Ľubomír Švorc sa stal jedným z troch finalistov Krištáľového krídla 2025 v kategórii Medicína a veda. Spoločnosť má aj novú prvú podpredsedníčku, ktorej prajeme veľa úspechov a tešíme sa na jej prácu a nové aktivity.

Veľký priestor sme tentoraz venovali aj vede a výskumu. Dočítate sa o tom, prečo cukry v našom tele nepredstavujú iba zdroj energie, ako môžu kvasinky pomôcť rastlinám počas sucha, ale aj o perovskitoch a MXénach, ktoré patria medzi moderné materiály s mnohými perspektívnymi aplikáciami. O začiatkoch kvantovej chémie sa dočítate v článku venovanom histórii tohto vedného odboru. Prinášame aj články o zeleňšej analýze proteínov, výbušnosti prachov a polychlórovaných bifenyloch.

Nezabúdame ani na mladých chemikov. Chemický náboj tento rok opäť spojil desiatky stredoškolských tímov z celého Slovenska a v časopise prinášame aj informácie o celoštátnom kole Stredoškolskej odbornej činnosti. Teší nás záujem mladých ľudí o chémiu a ich ochota venovať sa jej aj nad rámec školského vyučovania. Na stránkach jedného čísla sa tak stretli história chémie, súčasný výskum, jeho praktické využitie a aj budúca generácia chemikov.

Ďakujeme všetkým, ktorí ChemZi počas uplynulých dvadsiatich rokov tvorili, písali doň, fotografovali, upravovali ho, podporovali a, samozrejme, aj čítali. Bez vás by sme toto výročie nemali s kým oslavovať. Veríme, že nám zostanete verní aj naďalej a že sa na stránkach časopisu budeme ešte mnoho rokov stretávať pri zaujímavých článkoch, novinkách a udalostiach zo sveta chémie. Stále sú vítané aj vaše príspevky o novinkách a podujatiach, ktoré sa u vás uskutočnili, ako aj odborné a vedecko-populárne články. Radi ich uverejníme. Prajeme vám príjemné čítanie jubilejného čísla a ďakujeme za vašu priazeň. ●

Text: M. Jerigová

Kontakt: monika.jerigova@uniba.sk

## Členstvo v Slovenskej chemickej spoločnosti

Slovenská chemická spoločnosť, jedna z najvýznamnejších vedeckých a odborných organizácií na Slovensku, si Vás dovoľuje pozvať do svojich radov spolu s mnohými chemikmi, vedcami a odborníkmi z príbuzných odborov. Dúfame, že členstvo Vám poskytne príležitosť využiť výhody, ktoré SChemS ponúka.

SChemS podporuje úlohy, ktoré si chémia a chemici stavajú do popredia. Súčasný život je nevyhnutne spojený s úspechmi v chémii. Vďaka chémii mnoho ľudí má dnes dostatok potravín, dostatočné množstvo účinných liečiv a veľa odborov širokú paletu materiálov, ktoré nám spríjemňujú náš každodenný život. Chemici sa však stretávajú aj s aktuálnymi problémami, ako je rast nárokov na životný štýl, životné prostredie, resp. boj s chorobami, ktoré sa dodnes nedarí uspokojivo liečiť. Chemici si uvedomujú, že pri hľadaní nových metód, účinných prostriedkov a materiálov majú zodpovednosť za budúce generácie, životné prostredie ako aj za neustále sa zvyšujúci životný štandard.

Výhody členstva v SChemS:

- získavanie a šírenie vedeckých poznatkov cestou odborných prednášok
- informácie o živote SChemS vo forme vydávaného časopisu „ChemZi – Chemické zvesti“ (zdarma)
- zľavnené účastnícke poplatky na podujatia organizované SChemS, ČSCH a partnerských chemických spoločností (konferencie, sympóziá)
- zvyšovanie povedomia stavovskej príslušnosti
- služby a zľavy poskytované členskými organizáciami EuChemS pre členov SChemS
- možnosti spolupracovať s inými európskymi a svetovými chemickými organizáciami
- sprostredkovanie pridruženého členstva IUPAC a Americkej chemickej spoločnosti
- sprostredkovanie získania titulu EuroChemist (EuroBachelor, EuroMaster a EuroDoctor)
- poskytnutie 20 % zľavy na nákup kníh vo vydavateľstve VEDA SAV (Bratislava, Štefánikova ul. č. 3)
- príležitostne až 20 % zľava na nákup kníh vo vydavateľstve Starman Bohemia spol. s r.o.



<https://schems.sk/clenstvo-v-schems/>

## Ako sa stať členom SChemS

Po vyplnení prihlášky a doručení emailom na [info@schems.sk](mailto:info@schems.sk) alebo poštou bude na najbližšom zasadnutí Predsedníctva SChemS (spravidla raz za mesiac) rozhodnuté o prijatí za člena. Novoprijatý člen bude informovaný o rozhodnutí Predsedníctva SChemS emailom a členom sa stane po zapltení členského príspevku:

- Nový člen – registrácia 3 €
- Ročný členský príspevok – 10 €
- Ročný členský príspevok – študenti, doktorandi, dôchodcovia, členovia ZUCH 5 €

## Členské príspevky možno hradiť:

- osobne na sekretariáte SChemS, Radlinského 9, I. posch., bl. C., č. dv. 1111 po predchádzajúcej telefonической dohode, +421 904 409 426
- prevodom na účet SChemS
  - číslo účtu: SK98 0200 0000 0001 2163 2012
  - konštantný symbol: 0308
  - variabilný symbol: rok, za ktorý platíte (napr. 2026) v prípade doplatenia viacerých rokov (202223)
  - v správe pre prijímateľa/poznámke uveďte svoje meno a členské číslo (čl. číslo môžete zistiť v databáze členov)
- internetbankingom (údaje rovnako ako pri prevode)
- poštovým poukazom na účet (prosíme nepoužívať poštový poukaz na poštovú adresu SChemS)



## ChemZi – Chemické zvesti

chádza 2-krát ročne • REDAKČNÁ RADA: Monika Jerigová, Dalma Gyepesová, Lenka Lorencová, Ján Regulí, Peter Šimon, Jela Nociarová, Viktor Milata a Ľubomír Švorc • EDIČNÁ RADA: Slovenská chemická spoločnosť v spolupráci, Slovenská akadémia vied, Zväz chemického a farmaceutického priemyslu SR, Slovenská spoločnosť chemického inžinierstva, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU, Zväz slovenských vedeckotechnických spoločností, Metrohm • ADRESA REDAKCIE: Slovenská chemická spoločnosť, Radlinského 9, 812 15 Bratislava, IČO 178 900, IČ DPH 2020801563 • ADRESA PRE ZASIELANIE PRÍSPEVKOV: monika.jerigova@uniba.sk • FORMÁT PRÍSPEVKU: 1500 slov a max. 4 ks farebných obrázkov; krátke oznamy a správy 750 slov a max. 2 ks farebných obrázkov; jubilanti max. 350 slov a farebná fotografia, reklama • TLAČ: Neumahr tlačiareň s.r.o. • POČET VÝTLAČKOV: 1000 • FOTOGRAFIA NA OBÁLKE: Michal Jeriga • GRAFIKA: Daniel Repovský, daniel.repovsky@gmail.com • Nevýžiadané príspevky nevraciam, redakcia si vyhradzuje právo skrátiť príspevok pri zachovaní jeho podstaty. Zverejnené informácie v ChemZi sa nemusia zhodovať s názormi redakcie. ●

ročník/volume 22 (2026), číslo/number 1 • Slovenský časopis o chémii, pre chemické vzdelávanie, výskum a priemysel • ISSN 1336-7242 • registr. číslo MK SR EV 2005/08 • VYDÁVA: Slovenská chemická spoločnosť • Vy-



# 27. ročník benefičného koncertu k pocte akademika Otta Wichterleho

Text: V. Milata

Kontakt: viktor.milata@stuba.sk

Mesiac apríl má viaceré prívlastky a medzi polymérnymi a organickými chemikmi sa vžil termín „mesiac šošovky“. Tento, už 27. ročník sa konal v Zrkadlovej sieni Primaciálneho paláca a niesol sa v duchu motta „Oheň dobročinnosti“, lebo ako každý ročník jeho finančný výťažok bol venovaný žiakom Spojenej školy internátnej pre žiakov so zrakovým postihnutím. A hneď v úvodnej skladbe sa už po niekoľkokrát predstavil nevidiaci klavirista Branislav Dvorecký. Dve diela v jeho podaní dokumentovali nielen jeho talent a usilovnosť, ktorou zdoláva svoj handicap, ale aj veľkú snahu dosiahnuť cieľ, ktorý je v jeho prípade i prípade jeho spolužiakov omnoho náročnejší ako bez zrkového postihnutia. Preto so zápalom a nadšením sme videli mnohých slovenských i zahraničných interpretov, či už profesionálov (Ladislav Fančovič, Margaréta Vargicová) alebo amatérov (často mladých študentov či žiakov) hrať alebo spievať diela z repertoáru klasickej hudby (W. A. Mozart, A. Čačaturjan), ale aj modernej hudby (Procol Harum, Abba-Chiquitita, Fernando) alebo jazzu (M. Dvořák, F. Sinatra).

Finále dirigoval Mgr. Art. Anton Popovič, ktorý mnohé skladby aj upravil. Dirigentskú taktovku poslúchal Orchester mladých Rhythmix, súbor bicích nástrojov popri Školskom speváckom zbere a preukázali profesionálne majstrovstvo pri skladbe Te Deum (M. A. Charpentier). No a jednoznačným finále bola skladba Once Upon

a Time in the West (E. Morricone) v podaní už spomenutej M. Vargicovej a L. Fančoviča, na ktorú vynikajúco nadviazala Emma Bulíková interpretáciou piesne Thank You For The Music (B. Andersson, B. Ulvaeus – Abba). Standing ovations prinútili zopakovať túto skladbu a dirigent dirigoval aj aplauz publika.

Hudobný zážitok bol vo chvíľach prestavby pódia spestrený príhovormi prof. V. Milatu (čestný predseda SChemS), Ing. Andrey Jelínkovej (riaditeľky Bausch & Lomb Slovakia) a Ing. I. Lacíka (Ústav polymérov SAV). Programom tradične sprevádzala Zuzana Novosadová. Podujatie každý rok skvelo a do detailu pripravila a zorganizovala Mgr. Erika Fáberová, riaditeľka ZUŠ Ľudovíta Rajtera, ktorej patrí popri všetkých účinkujúcich hlboká vďaka a úcta. Záštitu nad podujatím mala Slovenská chemická spoločnosť, Lens Optik De-Rossi (pani Angelika DeRossi je zakladateľkou tohto podujatia) a Ústav polymérov SAV a bola podporená aj firmou Bausch & Lomb Slovakia a Cooper Vision.

Tento tradičný aprílový podvečer priniesol nielen hlboký umelecký zážitok, ale aj pocit, že komunita vedcov a umelcov sa vie vzájomne doplniť vo svojom pohľade na potrebu podpory ľudí s fyzickým handicapom. Bodaj by takýchto podujatí bolo čo najviac, aby naše deti, ktoré z akéhokoľvek dôvodu majú odopretú nejakú radosť z bežného života, mali iné možnosti svojho osobnostného rozvoja. ●



Zľava: V. Milata, A. Jelínková, M. Kulinová, Z. Novosadová, I. Lacík, E. Fáberová a S. Botlíková



# Slovenská chemická spoločnosť udelila ocenenia

Text: L. Švorc  
Kontakt: lubomir.svorc@stuba.sk

V rámci výročného zasadnutia Výboru Slovenskej chemickej spoločnosti, ktoré sa uskutočnilo 5. mája 2026 na Fakulte chemickej a potravinárskej technológie Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, boli odovzdané viaceré ocenenia významným osobnostiam slovenskej chémie. Odovzdávanie ocenení bolo súčasťou pracovného programu zasadnutia výboru a zároveň príležitosťou poďakovať osobnostiam, ktoré sa dlhodobo podieľajú na rozvoji chemických vied a chemickej komunity.

Medailu Dobroslava Prístavku získal prof. Ing. Ján Labuda, DrSc. (Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU v Bratislave), za dlhoročnú prácu v odbornej skupine Slovenskej chemickej spoločnosti a za mimoriadny prínos k rozvoju analytickej chémie na Slovensku a v zahraničí. Čestné členstvo Slovenskej chemickej spoločnosti bolo udelené prof. RNDr. Pavlovi Šajgalíkovi, DrSc., bývalému predsedovi SAV, za aktívnu prácu v rámci chemickej komunity doma i v zahraničí. Pri príležitosti jeho 90. životného jubilea bol prof. RNDr. Jozefovi Čárskemu, CSc. (Lekárska fakulta UK v Bratislave) udelený Pozdravný list Slovenskej chemickej spoločnosti. Ocenenia odovzdali predseda Slovenskej chemickej spoločnosti prof. Ing. Ľubomír Švorc, DrSc., a čestný predseda Slovenskej chemickej spoločnosti prof. Ing. Viktor Milata, DrSc.

Slovenská chemická spoločnosť si vysoko váži ich dlhodobý prínos pre rozvoj chemickej komunity. •



Medaila Dobroslava Prístavku udelená prof. Ing. Jánovi Labudovi, DrSc.



Čestné členstvo SChems udelené prof. RNDr. Pavlovi Šajgalíkovi, DrSc.



Pozdravný list SChems udelený prof. RNDr. Jozefovi Čárskemu, CSc.



# Čo sú to PCB?

Text: L. Štibrányi, V. Milata, L. Hallon, M. Sabol, M. Uher, J. Híveš  
Kontakt: [ladislav.stibranyi@stuba.sk](mailto:ladislav.stibranyi@stuba.sk)

**P**olychlórované bifenyly (PCB) tvoria skupinu zlúčenín od mono- až po dekalórbifenyly. Sú veľmi odolné voči degradácii a preto extrémne nebezpečné pre životné prostredie.

Hlavné použitie našli PCB v elektrotechnickom, lakárskom a strojárskom priemysle (napr. ako náplň transformátorov a kondenzátorov, aditívum do náterových hmôt, zmäkčovadlá plastov, nehorľavé hydraulické a teplovýmenné kvapaliny a iné)<sup>1</sup>. Priemyslová výroba PCB je založená na priamej katalytickej chlorácii bifenyly za prítomnosti solí železa a za zvýšenej teploty. Priemyslové zmesi, zložené obvykle z mnohých kongenerov (polysubstituované izoméry), sú delené podľa množstva chlóru. Medzi rokmi 1929 až 1972 vyrobili Spojené štáty približne 560 000 ton PCB, teda asi polovicu celkovej svetovej produkcie<sup>2</sup>. Vedecká verejnosť predpokladá, že približne 35 % celkovej produkcie týchto látok uniklo v priebehu histórie do životného prostredia. To by znamenalo unik celkovo 400 000 ton PCB do geo-, hydro-, atmo- a biosféry s prevažnou časťou sústredenou na geosféru (vzhľadom na ich nízku prchavosť, rozpustnosť a vysokú schopnosť adsorpcie na pevné materiály).

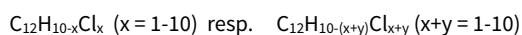
## Druhy polychlórovaných bifenylov

Polychlórované bifenyly sú teda organické zlúčeniny, v ktorých môže byť na bifenylovom jadre jeden až desať vodíkových atómov nahradených atómom chlóru a podľa nich tak môže teoreticky existovať 209 izomérov PCB. PCB vznikajú substitučnou reakciou bifenylov s elektrofilným chlóróm – chloráciou (substitúcia H za Cl). Rôzne kongenery majú aj rôzne vlastnosti (niektoré viac, niektoré sú takmer rovnaké), tak je každému jednému priradené označovací číslo (od 1 po 209) v závislosti od počtu a polohy chlórových substituentov. Ich konkrétne označovanie je dôležité práve preto, že nielen ich fyzikálne vlastnosti, ale aj toxické účinky sa navzájom líšia.

Podľa počtu atómov vodíka nahradených atómami chlóru hovoríme o *homológoch*, teda izoméroch:

|                    |             |
|--------------------|-------------|
| Monochlórbifenyly  | 3 zlúčeniny |
| Dichlórbifenyly    | 12 zlúčenín |
| Trichlórbifenyly   | 24 zlúčenín |
| Tetrachlórbifenyly | 42 zlúčenín |
| Pentachlórbifenyly | 46 zlúčenín |
| Hexachlórbifenyly  | 42 zlúčenín |
| Heptachlórbifenyly | 24 zlúčenín |
| Oktachlórbifenyly  | 12 zlúčenín |
| Nonachlórbifenyly  | 3 zlúčeniny |
| Dekachlórbifenyly  | 1 zlúčenina |

Avšak vo väčšom množstve vzniká len 102 zástupcov tejto skupiny a tieto tvoria komerčné zmesi, zložené obvykle z 50 až 60 kongenerov. Kvôli ľahšej orientácii bolo zavedené systematické číslovanie kongenerov od 1 do 209, pričom prvým kritériom je počet atómov chlóru a druhým polohy chlóru na benzénových jadrách (toto číslo je označované podľa IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry). Súhrnné registračné číslo CAS (Chemical Abstracts Service) pre všetky PCB je 1336-36-3 a ich všeobecný sumárny vzorec má tvar:

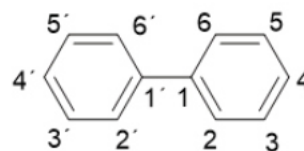


Všeobecný (zjednodušený racionálny) konštitučný vzorec je znázornený v Tabuľke 1. Vzhľadom na vysoký počet možných cieľových zlúčenín sa však všeobecne pristupuje k výberu tých najdôležitejších zástupcov. Kritériom pre výber daného kongeneru do užšej skupiny cieľových kontaminantov môže byť jednak početnosť výskytu v priemyslových produktoch či jeho využívanie v priemyslových odvetviach,

ďalej početnosť výskytu v potravinovom reťazci a v neposlednom rade tiež miera jeho toxicity a škodlivosti voči biote a životnému prostrediu. Najčastejšie sledovanými skupinami kongenerov PCB sú teda<sup>3</sup>:

- Indikátorové kongenery: 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 (sledované pre ich vysoké koncentrácie v technických zmesiach a environmentálnych vzorkách a tiež pre ich strednú až vysokú perzistenciu).
- „Non-ortho“ kongenery\*: 77, 126, 169 (najviac toxické, podobné vlastnosti ako dioxíny).
- „Mono-ortho“ kongenery\*: 105, 114, 118, 123, 156, 177, 167, 189 (vysoko toxické).
- Odporúčané na komplexné vyšetrenie: 8, 18, 31, 44, 66, 70, 74, 99, 128, 149, 163, 170, 183, 187, 194... (časté kongenery vo vzorkách potravín).

Pozn.: \* - kongenery substituované v oboch *para*- a aspoň jednej *meta*- polohe:

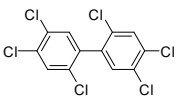
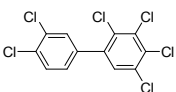
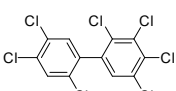


\*Číslo 2,.....,6' znamená zároveň polohu atómov chlóru, 2,2',6,6' - orto, 3,3',5,5' - meta a 4,4' - para poloha.

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené niektoré základné informácie o každom z indikátorových kongenerov.

| Kongener<br>Číslo | CAS number<br>Sumárny vzorec<br>Názov                              | Vzorec |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------|--------|
| 28                | 7012-37-5<br>$C_{12}H_7Cl_3$<br>2,4,4'-trichlórbifenylyl*          |        |
| 52                | 35693-99-3<br>$C_{12}H_6Cl_4$<br>2,5,2',5'-tetrachlórbifenylyl     |        |
| 101               | 37680-73-2<br>$C_{12}H_5Cl_5$<br>2,4,5,2',5'-pentachlórbifenylyl   |        |
| 118               | 31508-00-6<br>$C_{12}H_5Cl_5$<br>2,4,5,3',4'-pentachlórbifenylyl   |        |
| 138               | 35065-28-2<br>$C_{12}H_4Cl_6$<br>2,3,4,2',4',5'-hexachlórbifenylyl |        |



| Kongener<br>Číslo | CAS number<br>Sumárny vzorec<br>Názov                               | Vzorec                                                                            |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 153               | 35065-27-1<br>$C_{12}H_3Cl_7$<br>2,4,5,2',4',5'-hexachlórbifenyl    |  |
| 156               | 38380-08-4<br>$C_{12}H_3Cl_7$<br>2,3,3',4,4',5'-hexachlórbifenyl    |  |
| 180               | 35065-29-3<br>$C_{12}H_3Cl_7$<br>2,3,4,5,2',4',5'-heptachlórbifenyl |  |

Tabuľka 1 Indikátorové kongenery PCB\*

## História PCB

História výroby polychlórovaných bifenylov sa v bývalom Československu začala písať v roku 1959, keď výrobu týchto látok začal štátny podnik Chemko Strážske, okr. Michalovce. (Obrázok 1).

Prvým produktom výroby bola zmes kongeneru s komerčným názvom DELOR 106 (používaná ako surovina pre náterové hmoty). Najväčšími odberateľmi týchto surovín boli postupne podniky Farby



Obrázok 1 Celkový pohľad na Chemko Strážske s TP1

a laky Praha, ZEZ Žamberk a ČKD Praha. Veľká časť produkcie tiež bola exportovaná do ďalších krajín vtedajšieho východného bloku. V roku 1967 bola začatá produkcia DELOR-u 103 pre použitie v elektronike a o rok neskôr bol sortiment rozšírený ešte o DELOR 105, používaný ako chladiaca náplň pre vysokonapäťové transformátory. Od roku 1981 sa začalo sledovanie výskytu PCB v rámci veterinárnej služby. Toto opatrenie prišlo v nadväznosti na prvú požiadavku na zastavenie výroby v Chemko Strážske, ale až 1. januára 1984 došlo k definitívnemu zastaveniu výroby v Strážskom a PCB boli zaradené medzi podozrivé chemické karcinogény. So zastavením produkcie však v Československu ešte nebolo zakázané používanie PCB. V roku 1985 bola ukončená výroba kondenzátorov v ZEZ Žamberk a zároveň bola zaznamenaná vysoká koncentrácia PCB v okrese Uherské Hradište v rámci „Programu detekcie a prevencie cudzorodých látok v krmivách, potravinách a surovinách živočíšneho pôvodu, lovných zvier a bioindikátoroch“. Kontroly obsahu PCB boli rozšírené aj na iné komodity (mlieko, výrobky pre dojčenskú a detskú výživu). Výroba náterových hmôt obsahujúcich PCB bola v národnom podniku Farby a laky Praha zastavená v roku 1986. V tom istom roku došlo k úniku Delothermu DH (komerčný názov DELOR 103) z obalovne drvinu podniku SSŽ Karlovy Vary v Rožmitále pod Třemšínom, čím došlo ku kontaminácii podzemných i povrchových vôd na celej lokalite a pozdĺž toku rieky Skalice až do vodnej nádrže Orlick. V roku 1987 boli zaznamenané prvé nálezy PCB v mlieku a mäse kráv a v dôsledku tejto havárie prebehla celoštátna akcia kontroly finálnych mliekárenských

produktov. V dôsledku spomenutej ekologickej havárie na rieke Skalici bol v roku 1988 vydaný zákaz konzumácie rýb v celej dĺžke jej toku vrátane Orlickej priehrady. Ďalej bola vykonaná celoštátna inventarizácia materiálu, zariadení, nespotrebovaných náterových hmôt a odpadov obsahujúcich PCB na území ČSSR, pri ktorej bolo identifikovaných 13 miliónov kilogramov tohto materiálu. Od roku 1989, kedy bola zastavená výroba všetkých ostatných produktov na báze PCB, už prebiehali len legislatívne kroky smerujúce k zníženiu celkového množstva týchto látok v potravinách aj v životnom prostredí.

## Biologické vlastnosti

PCB sú zdrojom záujmu z aplikačných dôvodov (transformátorové oleje s vysokou teplotou varu, náterové hmoty s nízkym tlakom pár, vysokou stabilitou), avšak druhou stránkou bolo zistenie ich negatívnych vlastností a zlej biologickej odbúrateľnosti.

Z Tabuľky 2 vidno, že najtoxickjšími PCB sú kongenery 126, 169 a 81 nemajúce atómy chlóru v orto-polohách, čo umožňuje koplanaritu benzenových jadier bifenyly. Avšak ich toxicita je 10 – 3333 krát

| Kongener | Polohy atómov chlóru | Relatívna toxicita voči dioxínu |
|----------|----------------------|---------------------------------|
| 126      | 3,4,5,3',4'          | 0,1                             |
| 169      | 3,4,5,3',4',5'       | 0,03                            |
| 81       | 3,4,5,4'             | 0,0003                          |
| 114      | 2,3,4,5,4'           | 0,00003                         |
| 189      | 2,3,4,5,3',4',5'     | 0,00003                         |
| 187      | 2,4,5,3',4'          | 0,00003                         |
| 157      | 2,3,4,3',5'          | 0,00003                         |

Tabuľka 2 Toxicity vybraných PCB vzhľadom na dioxín (index 1.0)<sup>4</sup>

nižšia v porovnaní s dioxínom. Kongenery s atómom chlóru v orto-polohe sú viac ako 33 tisíc krát menej toxické.

S narastajúcim počtom atómov chlóru v molekule PCB klesá ich rozpustnosť vo vode: rozpustnosť PCB-180 napríklad predstavuje 3 zrnka maku. Podobne klesá tlak pár v kvapalnej i plynnej fáze.

Z Tabuľky 3 vidno, že tri- až heptachlórované PCB s alebo bez atómov chlóru v orto-polohe sú mimoriadne stabilné voči degradácii. Nižšie PCB degradujú na vzduchu resp. sa odparujú či sublimujú. PCB

|         | Štruktúra              | Vzduch | Voda   | Pôda   | Sediment |
|---------|------------------------|--------|--------|--------|----------|
| PCB 28  | 2,4,4'-trichlór        | 72     | 1 450  | 26 000 | 26 000   |
| PCB 52  | 2,2',5,5'-tetrachlór   | 1 500  | 30 000 | 87 600 | 87 600   |
| PCB 77  | 3,3',4,4'-tetrachlór   | 1 500  | 30 000 | 87 600 | 87 600   |
| PCB 101 | 2,2',4,5,5'-pentachlór | 3 000  | 60 000 | 87 600 | 87 600   |
| PCB 105 | 2,3,3',4,4'-pentachlór | 3 000  | 60 000 | 87 600 | 87 600   |
| PCB 118 | 2,3',4,4',5-pentachlór | 3 000  | 60 000 | 60 000 | 60 000   |



|            | Štruktúra                           | Vzduch | Voda    | Pôda    | Sedi-<br>ment |
|------------|-------------------------------------|--------|---------|---------|---------------|
| PCB<br>126 | 3,3',4,4',5-<br>pentachlór          | 3 000  | 60 000  | 87 600  | 87 600        |
| PCB<br>138 | 2,2',3,4,4',5<br>'-hexachlór        | 6 000  | 120 000 | 165 000 | 165 000       |
| PCB<br>153 | 2,2',4,4',5,5<br>'-hexachlór        | 6 000  | 120 000 | 165 000 | 165 000       |
| PCB<br>169 | 3,3',4,4',5,5<br>'-hexachlór        | 6 000  | 120 000 | 165 000 | 165 000       |
| PCB<br>180 | 2,2',3,4,4<br>'5,5'-hep-<br>tachlór | 12 000 | 240 000 | 330 000 | 330 000       |

Tab. 3: Polčasy rozpadov niektorých kongenerov PCB (priemerná ročná teplota 7 °C, upravené<sup>5</sup>) v hodinách

28 pomerne rýchlo degraduje vodou.

Na Slovensku sa v okolí Strážskeho začalo s mapovaním výskytu

skládok odpadov a prieniku PCB do životného prostredia okolo roku 2020. Štát vyhlásil mimoriadnu situáciu zameranú na tri bodové zdroje znečistenia (ošipáren, tepláreň a skládka) v oblasti Orlová. Mimo-riadna situácia umožnila vyčleniť 0,5 milióna eur. Riešenie mimoriadnej situácie vyústilo počas piatich rokov do vyčistenia troch lokalít a uskladnenia odpadov v špeciálnych kontajneroch. Následne bola časť odpadov z ošipárne transportovaná a ekologicky zlikvidovaná v Rakúsku. Dekontaminácia pôdy nielen PCB a vody v danej lokalite sa na základe kvalifikovaného laboratórneho výskumu pripravuje. Pri manipulácii s týmito kontaminantami bolo určené ich zloženie, distribúcia v životnom prostredí, vplyv na región ako aj bezpečnosť práce osôb podieľajúcich sa na ich manipulácii.

## Podakovanie

Táto štúdia bola vypracovaná ako súčasť riešenia projektu VEGA č. 2/0076/24: Environmentálne súvislosti vývoja chemického priemyslu na Slovensku 1948 – 1989. •

## Literatúra

1. Pitter P.: Hydrochemie. Vydavatelství VŠCHT, Praha, 1999. ISBN 80-7080-340-1.
2. Yak H.K., Wenclawiak B.W. Cheng I.F., Doyle J.G., Wai C.M.: Reductive Dechlorination of Polychlorinated Biphenyls by Zero valent Iron in Subcritical Water, Environmental Science and Technology, 33(8), 1307 (1999). Print Edition ISSN: 0013-936X, Web Edition ISSN: 1520-5851.
3. [http://www.recetox.muni.cz/sources/prednasky/chzp\\_iv/chzp\\_iv\\_18.pdf](http://www.recetox.muni.cz/sources/prednasky/chzp_iv/chzp_iv_18.pdf) (stiahnuté 20.4.2026)
4. Kováč J., Kováč D.: Hygiena 56(4) 16 (2011)
5. Sinkkonen S., Paasivirta J.: Chemosphere, 40, 943 (2000).
6. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/congenertab-le.pdf> (stiahnuté 20.4.2026).

## Aktuality SChemS

# Slovenská chemická spoločnosť má novú prvú podpredsedníčku

Text: Ľ. Švorc

Kontakt: [lubomir.svorc@stuba.sk](mailto:lubomir.svorc@stuba.sk)

Na výročnom zasadnutí Výboru Slovenskej chemickej spoločnosti, ktoré sa uskutočnilo 5. mája 2026 na Fakulte chemickej a potravinárskej technológie Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, bola do funkcie prvej podpredsedníčky Slovenskej chemickej spoločnosti zvolená doc. RNDr. Eva Viglašová, PhD., z Katedry jadrovej chémie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave. Zároveň pôsobí ako prorektorka Univerzity Komenského v Bratislave. Dlhodobo sa venuje chemickému vzdelávaniu, výskumu a popularizácii chémie a aktívne pôsobí v slovenskej i medzinárodnej chemickej komunite. Podľa Stanov Slovenskej chemickej spoločnosti sa po dvojročnom pôsobení vo funkcii automaticky stane predsedníčkou spoločnosti s nástupom od 1. januára 2028, keď vo funkcii vystrieda súčasnú predsedu SChemS prof. Ing. Ľubomíra Švorca, DrSc.

Slovenská chemická spoločnosť jej praje veľa úspechov, energie a inšpirácie pri ďalšom rozvoji spoločnosti. •



Doc. RNDr. Eva Viglašová, PhD., zvolená za prvú podpredsedníčku spoločnosti



# CECE 2026 – 20. medzinárodné interdisciplinárne stretnutie o bioanalýze

Text: K. Maráková  
Kontakt: marakova@fpharm.uniba.sk

**20.** medzinárodné interdisciplinárne stretnutie o bioanalýze (CECE 2026) sa uskutoční 21.–23. októbra 2026 v Bratislave na Slovensku a bude predstavovať významný míľnik konferenčnej série, ktorá sa postupne vyvinula na uznávanú platformu pre inovácie v analytických a bioanalytických vedných oblastiach. Jubilejný ročník, organizovaný Farmaceutickou fakultou Univerzity Komenského v Bratislave v spolupráci s Ústavom analytickej chémie Akadémie vied Českej republiky a konaný v Hoteli Tatra\*\*\*\* v srdci slovenskej metropoly, pokračuje v dlhoročnom poslaní CECE „spájať ľudí a myšlienky“ a podporovať dialóg naprieč disciplínami, ktoré sa na iných konferenciách nie vždy prirodzene stretávajú. Bratislava, ktorá bude konferenciu CECE hostiť po prvýkrát, ponúka dynamickú a dobre dostupnú lokalitu na križovatke rôznych výskumných centier z celého sveta.

CECE vznikla pôvodne v roku 2004 ako malé, kolegiálne stretnutie zamerané na kapilárnu elektroforézu, no odvtedy sa výrazne rozšírila svojim tematickým záberom aj dosahom. Dnes konferencia zahŕňa široké spektrum analytických vied s osobitným dôrazom na bioanalýzu a nové technológie. Počas rokov si CECE zachovala svoj neformálny charakter založený na diskusii, pričom zároveň priťahuje čoraz medzinárodnejšie publikum popredných výskumníkov aj mladých vedcov.

Očakáva sa, že CECE 2026 bude v tomto smerovaní pokračovať a ponúkne komplexný vedecký program zameraný na najnovšie po-

kroky v hlavných tematických oblastiach, ktoré budú zahŕňať analytické separačné techniky, mikrofluidiku, omické technológie, nanotechnológie v bioanalýze, ako aj rastúcu úlohu umelej inteligencie a pokročilej analýzy dát v analytických pracovných postupoch. Interdisciplinárny charakter CECE je mimoriadne aktuálny v súčasnom prostredí bioanalýzy, kde si komplexné analytické výzvy čoraz viac vyžadujú prepojenie chémie, biológie a dátovej vedy. Spájaním výskumníkov pôsobiacich v rôznych oblastiach analytickej vedy – od základného vývoja metód až po aplikovanú klinickú a farmaceutickú analýzu – sa konferencia usiluje podporovať inovácie na týchto rozhraniach.

Súčasťou stretnutia je aj sekcia „CECE Junior“, určená doktorandom a mladým výskumníkom na začiatku kariéry. Táto platforma poskytuje mladým vedcom príležitosť prezentovať svoju prácu v medzinárodnom prostredí, rozvíjať komunikačné zručnosti a nadväzovať profesionálne kontakty. Zapojením mladých výskumníkov do hlavného vedeckého programu CECE aktívne podporuje nastupujúcu generáciu analytických vedcov a prispieva ku kontinuite rozvoja odboru.

Okrem vedeckého programu budú odborné sekcie doplnené aj spoločenskými a networkingovými podujatiami, ktoré vytvoria ďalší priestor na výmenu myšlienok a rozvoj profesionálnych vzťahov.●



**CECE 2026**  
Bratislava, Slovakia

**20<sup>th</sup> International Interdisciplinary Meeting on Bioanalysis**  
“... bringing people and ideas together.”

**October 21-23, 2026**      **Hotel Tatra\*\*\*\* Bratislava, Slovakia**



# Začiatky kvantovej chémie (1)

Text: L. Bučinský

Kontakt: lukas.bucinsky@stuba.sk

**K**vantová chémia je odbor teoretickej chémie, ktorý aplikuje zákony kvantovej mechaniky na štúdium štruktúry a vlastností chemických sústav zložených z atómov a molekúl. Zameriava sa na matematický opis a riešenie distribúcie elektrónov v študovaných sústavách a často aj dynamiky pohybu jadier. Poskytuje základné pochopenie chemických väzieb a interakcií, informácie o štruktúre, spektroskopickom správaní, chemickej reaktivite (kinetika a termodynamika) a materiálových či biologických vlastnostiach na mikroskopической úrovni.

## Základné princípy a ciele kvantovej chémie

- **Vlnové rovnice:** Rieši základnú rovnicu kvantovej mechaniky pre elektróny a jadrá.
- **Elektrónová štruktúra:** Skúma rozloženie elektrónov (tzv. orbitály) v atómoch a molekulách, pričom rešpektuje ich fundamentálne vlastnosti.
- **Predikcia vlastností:** Umožňuje vypočítať geometriu, energetické stavy a reaktivitu látok iba s pomocou základných fyzikálnych konštánt.

## Hlavné využitie

- **Počítačová chémia:** Simulácia molekúl a materiálov bez nutnosti vykonávať fyzické experimenty.
- **Biosystémy a dizajn liečiv:** Návrh nových liečiv a štúdium interakcií v biologicky relevantných sústavách.
- **Materiálový výskum:** Určenie fyzikálnych a chemických vlastností nových materiálov.

## 1. Zrod kvantovej chémie

### 1.1 Vodík

Za prelomovú prácu, ktorá aplikovala kvantovú mechaniku na chemický problém, sa považuje vysvetlenie podstaty chemickej väzby Walterom Heitlerom a Fritsom Londonom v roku 1927 [1]. V nej bolo ukázané, že fyzikálna podstata chemickej väzby je jav, ktorý možno obsiahnuť a opísať ako kvalitatívne, tak aj kvantitatívne na základe kvantovej mechaniky, ktorú predstavili Werner Karl Heisenberg a Erwin Schrödinger v rokoch 1925/1926. Zjavne sa s novou teóriou dá začať po výdatnom poobednom spánku, potom zavolať Londona, ktorý je zhodou okolností tiež práve v Zürichu u Schrödingera a neskoro večer to máte skoro celé „zbúchané“ [2]. Zároveň vlastne zaviedete teóriu valenčnej väzby (valence bond theory), ktorú rozvinuli neskôr Linus Pauling a John Slater, ako uvedieme nabadúce, samozrejme, že nezabudnete ani na výmennú interakciu, bez ktorej sa antisymetria elektrónov nedá správne opísať, ako aj nerozlišiteľnosť elektrónov. Tak si teda oboch gentlemanov predstavme:

**Walter Heinrich Heitler** sa narodil v roku 1904 v Nemecku (2. január 1904 – 15. november 1981). Jeho otec Adolf Heitler bol profesor strojného inžinierstva a bol židovského pôvodu. Heitler ukončil PhD. na Ludwig-Maximilians-Universität München, kde študoval pod Arnoldom Sommerfeldom a Karlom Herzfeldom a v roku 1926 získal PhD. (školiťom bol Herzfeld). Následne strávil čas v Kodani u Bohra, u Schrödingera v Zürichu (kde sa stretli s Londonom). Bol odborným asistentom u Borna v Göttingene, kde sa v roku 1929 habilitoval. V roku 1933 vzhľadom na svoj pôvod opustil Nemecko a vďaka Bornovi získal miesto na Univerzite v Bristole u Nevilla Francisa Motta. Následne z kvantovej mechaniky presedlal na teóriu kvantového poľa a kvantovú elektrodynamiku. Na danej téme pracoval ako samostatne, tak v spolupráci s ďalšími utečencami z Nemecka Hansom Bethem a Herbertom Fröhlichom. V roku 1936 mu vyšla kniha *The Quantum Theory of Radiation*, ktorá predstavuje výrazný míľnik pre kvantovú elektrodynamiku. Okrem toho sa Heitler zaoberal vznikom gama-lúčov, kozmickým žiarením a mezónmi. Od roku 1941 pôsobil v Dubli-

ne a od roku 1949 prijal miesto v Zürichu.

**Fritz London** sa narodil v roku 1900 v Breslau, Nemecko, v súčasnosti Wrocław, Poľsko (7. marec 1900 – 30. marec 1954). Bol synom nemeckého profesora matematiky židovského pôvodu. Kvôli rasovým zákonom v roku 1933 prišiel o miesto na Univerzite Berlín, a tak prijal krátkodobé hosťovské miesta v Anglicku a Francúzsku, nakoniec v roku 1939 odišiel do USA. Okrem stretnutia s Heitlerom v Zürichu u Schrödingera, kde spolupracovali asi nielen jedno neskoré popoludnie, London výrazne prispel k vysvetleniu disperzných síl medzi nepolárnymi atómami (spolu s R. Eisenschitzom).

Neskôr sa venoval supratekutosti, spolu so Schrödingerm rozvinuli princípy opisu magnetického poľa v kvantovej mechanike a spôsoby zahrnutia kalibračného bodu (resp. local gauge invariance), s bratom Heinzom sa venovali supravodivosti a definovali Londonove rovnice (možno správnejšie by malo byť rovnice Londonovcov). Zomrel v Durhame, North Carolina, v roku 1954.

A ako to bolo? Takto:

$$\psi(1,2) = (\psi_A(1)\psi_B(2) \pm \psi_A(2)\psi_B(1))$$

A využili priamo Rayleighov kvocient:

$$E_{\pm} = 2E_H + \frac{J \pm K}{1 \pm S^2}$$

Dostali jednu krivku pre symetrické (stabilné) riešenia (to s kladným znamienkom) a druhú pre asymetrické (labilné) riešenie. Stabilné riešenie viedlo k minimu energie pri vzdialenosti 0,85 Å a disociačnej energii 2,35 eV, pričom referenčné hodnoty sú 0,74 Å a 4,75 eV.

### 1.2 Tripleťový stav kyslíka

Ďalšia prelomová práca aplikácie princípov kvantovej mechaniky na chemický problém je objasnenie tripleťového základného stavu molekuly O<sub>2</sub> [3]. Ten kvalitatívne objasnil na základe symetrie z kvantovej mechaniky použitím výsledkov už známeho HL modelu molekuly H<sub>2</sub> Lennard-Jones v roku 1929. Totiž Lewisova teória viedla k singleťovému stavu molekuly O<sub>2</sub>, ale experimentálne bol kvapalný kyslík paramagnetický a nič iné sa nepredpokladalo o molekule O<sub>2</sub> samotnej. Lennard-Jones na základe kvalitatívnej úvahy a argumentácie na základe symetrie a uzlových bodov rozdelil šesť valenčných elektrónov ( $n = 2$ ) na každom atóme kyslíka nasledovne:

- 2 elektróny idú do  $\sigma_{2s}$  (bonding)
- 2 elektróny idú do  $\sigma^*_{2s}$  (anti-bonding)
- 2 elektróny  $\sigma_{2p_z}$  (bonding)
- 4 elektróny  $\pi_{2p_x}$  a  $\pi_{2p_y}$  páru (bonding)

a posledné 2 umiestnil do dvojice  $\pi^*_{2p_x}$  a  $\pi^*_{2p_y}$  orbitálov (anti-bonding), keďže musia byť oba energeticky degenerované, tak podľa Hundovho pravidla obsadí každý elektrón jeden z nich.

**Sir John Edward Lennard-Jones** (27. október 1894 – 1. november 1954) ukončil štúdium v roku 1915 na University of Manchester. Počas 1. svetovej vojny slúžil v Royal Flying Corps, prvý doktorát ukončil na Univerzite Manchester v roku 1922 a druhý na Trinity College, Cambridge v 1924. Venoval sa molekulovej štruktúre, valencii a medzimolekulovým interakciám. Pôsobil na Univerzite v Bristole a stal sa prvým profesorom teoretickej chémie v Spojenom kráľovstve (1927), pričom sa následne vrátil na University of Cambridge. Tam založil školu, ktorá aplikovala nové koncepty kvantovej mechaniky a interakcií subatomárnych častíc na javy vo fyzike a organickej chémii. Škola prilákala mnoho významných vedcov a matematikov vrátane S. F. Boysa, C. A. Coulsona, G. G. Halla, A. Hurleyho a J. Poplea. Pričom





Walter Heitler



Fritz London

v Göttingene. Po získaní doktorátu pôsobil ako asistent v Göttingene a neskôr sa stal asistentom Petra Debyeho v Zürichu. Práve tam spoločne vyvinuli svoju teóriu (Debye-Hückelova teória, v roku 1923) elektrolytických roztokov. Po rokoch 1928 a 1929 strávených v Anglicku a Dánsku, kde krátko spolupracoval s Nielsom Bohrom, sa Hückel stal členom fakulty Technickej vysokej školy v Stuttgarte. V roku 1935 prešiel na Phillipsovu univerzitu v Marburgu, kde bol rok pred odchodom do dôchodku v roku 1961 nakoniec menovaný riadnym profesorom. Bol členom Medzinárodnej akadémie kvantových molekulárnych vied.

Samotná Hückelova teória molekulových orbitálov (MO) bola v protiklade k Paulingovej „valence bond orbital“ (VBO) teórii a podľa viacerých zdrojov bola mierne v úzadí, napriek tomu by autor rád podotkol, že Hückelov prístup je v knihe *Introduction to quantum mechanics* od Paulinga a Wilsona niekoľkokrát citovaný. Je však dochované, že samotný Hückel nedbal na „public relations“

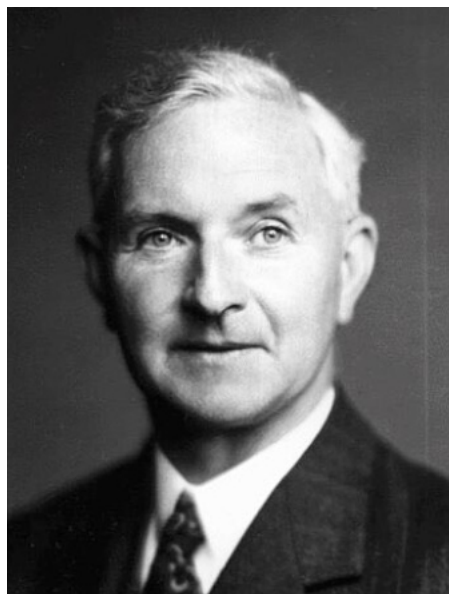
musíme spomenúť článok z roku 1924 týkajúci sa 6-12 potenciálu, ktorý Jones publikoval. Teda takto, pôvodný článok pojednával o n-m potenciáli, a vlastne až v roku 1931 po zahrnutí výsledkov z práce Fritza Londona kanonizoval svoj 6-12 potenciál.

John Edward Jones sa oženil v roku 1925 s Kathleen Mary Lennard, a pridal si jej priezvisko k menu, keďže jej bratia boli zabití počas 1. svetovej vojny.

Ak máme článok z 1929 ešte ďalej zhodnotiť, tak Lennard-Jones vysvetlil chemickú väzbu pre diméry od  $\text{Li}_2$  po  $\text{F}_2$  napriek tomu, že zafixoval energetické poradie orbitálov:

$$\sigma_{2s} < \sigma_{2s}^* < \sigma_{2pz} < \pi_{2px}, \pi_{2p} < \pi_{2px}^*, \pi_{2p}^* < \sigma_{2pz}^*$$

Musíme ešte podotknúť, že to bol Sir Lennard-Jones, kto zaviedol výraz LCAO (Linear Combination of Atomic Orbitals) a spolupodielal sa na zavedení MO-LCAO teórie s Halom.



John Edward Lennard-Jones



Erich Hückel

### 1.3. Benzén

Tretia prelomová práca, ktorú spomenieme, sa týka aromatickej stability benzénu od Ericha Hückela [4]. Ten sa rozhodol zjednodušiť LCAO teóriu Lennarda-Jonesa – vynechal jednoduché väzby a zaoberal sa len konjugovanými  $\pi$ -elektrónmi. Zaviedol parametre pre rezonančné integrály  $\alpha$  a  $\beta$  a priviedol kvantovú mechaniku k riešeniu chemicky relevantných sústav – k reálnym organickým molekulám s konjugovanými väzbami: etén, butadién, cyklobutadién, benzén. Stabilita konjugovaného systému molekuly benzénu v porovnaní s reaktívnym cyklobutadiénom bola jedným z hlavných argumentov správnosti a použiteľnosti daného prístupu. Samotné Hückelovo pravidlo, že cyklické planárne molekuly alebo ióny so  $4n+2$  konjugovanými kruhmi sú zvlášť stabilné pre konjugované systémy, vzniklo až v roku 1951 W. v. E. Doeringom (aj keď samotné magické čísla Hückel uviedol). Hückelova metóda bola prelomová a odrazila sa pri formulácii semiempirických prístupov, ktoré umožnili výpočty reálnych chemicky relevantných sústav, napr. prístup PPP (Pariser-Parr-Pople).

**Erich Armand Arthur Joseph Hückel** (9. august 1896 – 16. február 1980) bol nemecký fyzik a fyzikálny chemik. Známy je vďaka Debye-Hückelovej teórii elektrolytických roztokov a vlastnej Hückelovej metóde približných výpočtov molekulových orbitálov (MO) na  $\pi$  elektrónových systémoch.

Hückel sa narodil v berlínskom predmestí Charlottenburg. V rokoch 1914 až 1921 študoval fyziku a matematiku na Univerzite

(resp. sa otvorene hovorí o určitej arogancii), čomu nasvedčuje, že keď mu Robert Robinson poslal priateľskú žiadosť v listovej komunikácii, on len odpovedal, že ho organická chémia nezaujímá. Počas obdobia tretej ríše bol Hückel v nepriazni režimu s veľmi neistou pozíciou v Marburgu. Svoju karnevalovú masku Hitlera z roku 1953 spre-vádzal počas celého večera s vtipom: "ale nakoniec som sa predsa len rozhodol stať maliarom".

### Čo bolo ďalej?

Stále ostáva nevyriešená otázka, ako má vyzeráť vlnová funkcia a ako prakticky riešiť mnoho-elektrónové problémy. V budúcej časti predstavíme tých, ktorých práce sa pričínili o rozkvet kvantovej chémie (Pauling, Slater, Mulliken, Hund, Hartree, Fock). •

### Literatúra

1. Heitler, W. and London, F. (1927) *Z.Phys.* **44**,
2. <https://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/bond/people/heitler.html>
3. Lennard-Jones, J.E. (1929) *Trans.Faraday Soc.* **25**, 668.
4. Hückel E. *Zeitschrift für Physik* (1931) **70**, 204.

# Cukor klame v káve – v krvi hovorí pravdu

Text: F. Květoň, R. Kodríková  
Kontakt: filip.kveton@savba.sk

**N**a Chemickom ústave Slovenskej akadémie vied (ChÚ SAV, v. v. i.) sa už viac ako sedem desaťročí venujeme výskumu sacharidov. Aj preto je ústav známy ako centrum glykomiky – odboru, ktorý skúma štruktúru a funkciu cukrov v živých systémoch. Pojem cukor si väčšina z nás spája s kávou, koláčom alebo rýchlou energiou. V našom tele však cukry zohrávajú omnoho dôležitejšiu úlohu – sú súčasťou informačných kanálov buniek. Na Oddelení glykobiológie využívame túto cukrovú abecedu na odhaľovanie chorôb skôr, než sa naplno prejavia. Variabilita sacharidových štruktúr, glykánov, vznikajúcich v procese glykozylácie, je ohromujúca. Už z deviatich monosacharidov možno teoreticky vytvoriť viac než 10 miliónov rôznych tetrasacharidov. Pri väčších glykánoch sú tieto čísla astronomické – rádovo vyššie než pri proteínoch či nukleových kyselinách. Práve táto rozmanitosť z nich robí ideálnych nositeľov biologickej informácie. Aj minimálna zmena v štruktúre glykánov môže zásadne ovplyvniť správanie a funkciu bunky – a práve túto vlastnosť využíva moderná diagnostika.

## Molekulárny odtlačok organizmu

Sacharidy patria spolu s proteínmi, lipidmi a nukleovými kyselinami medzi základné stavebné molekuly života. Na rozdiel od všeobecne známej úlohy cukrov ako zdroja energie majú v bunkách nezastupiteľné úlohy: sú súčasťou imunitného systému a pomáhajú pri detekcii infekčných patogénov, sú využívané pri bunkovej ochrane a signalizácii a v neposlednom rade sa viažu na proteíny a lipidy, čím vytvárajú tzv. glykokonjugáty, ktoré pokrývajú povrch buniek a sprostredkujú ich komunikáciu s okolím alebo medzi sebou.

Každá biologická zmena v organizme (zápal, genetická porucha, nádorový proces) sa prejaví zmenou v zastúpení alebo štruktúre glykánov. Tieto zmeny sú často veľmi malé, no nesú presnú informáciu o tom, čo sa v tele deje. Pomocou analýzy tzv. glykoprotílu – akéhosi molekulárneho odtlačku, ktorý opisuje aktuálne sacharidové zloženie telesných tekutín, najčastejšie krvi a moču, vieme určiť aktuálny fyziologický stav organizmu.

Glykány zohrávajú kľúčovú úlohu aj pri interakciách medzi patogénmi a bunkami. Typickým príkladom je vírus chrípky. Jeho povrchové molekuly rozpoznávajú špecifické formy kyseliny sialovej, sacharidu prirodzene prítomného na vonkajšom povrchu buniek. Práve rozdiel v jednej chemickej väzbe rozhoduje o tom, či vírus napadne človeka alebo vtáka. Podobne aj rakovinové bunky vykazujú zmenenú glykozyláciu. Tieto aberantné (vybočujúce zo zvyčajného stavu či normy) glykány sa stávajú cennými biomarkermi, ktoré môžu pomôcť pričasnej diagnostike, sledovaní liečby či vývoji nových terapeutických

stratégií.

Molekulárny odtlačok sacharidov sa najlepšie vysvetľuje na krvných skupinách. Krv si zvyčajne spájame s transportom kyslíka, živín a odpadových látok. Menej známe však je, že krvné skupiny sú priamym dôsledkom rozdielov v sacharidových štruktúrach na povrchu červených krviniek. Antigény krvnej skupiny sú zložené z proteínov, lipidov a sacharidov. Základný sacharidový reťazec je rovnaký pre všetkých ľudí – rozhoduje však prítomnosť alebo neprítomnosť jediného sacharidového zvyšku. Práve táto drobná molekulárna zmena určuje, či patríme do skupiny A, B, AB alebo 0. Podanie nesprávnej krvnej skupiny môže viesť k zhlukovaniu krviniek a život ohrozujúcemu stavu. Aj tu sa teda ukazuje, že cukry nie sú len sladké – ale nevyhnutné pre život.

## Keď tradičná diagnostika nestačí

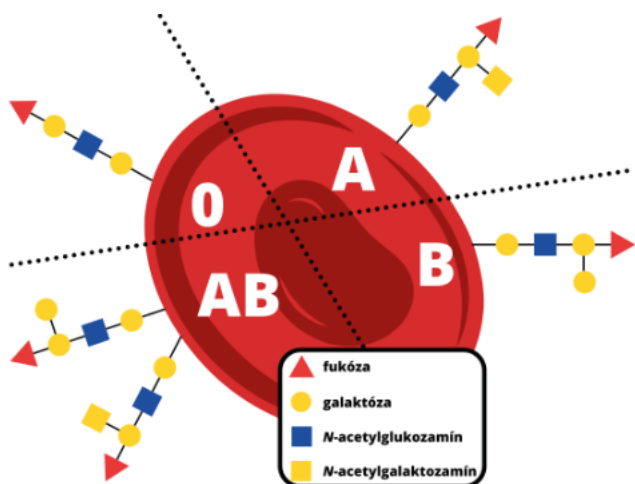
Kongenitálne poruchy glykozylácie (CDG) sú vzácne vrodené metabolické poruchy, pri ktorých dochádza k nesprávnej alebo nedostatočnej výstavbe sacharidových reťazcov na povrchu bielkovín. Táto zdanlivo drobná chyba má vážne následky: postihuje mozog, srdce, svaly, pečeň aj imunitný systém. U každého pacienta sa zmeny prejavujú inak – niekto má problémy s pohybom, iný s vývinom a učením, ďalší s koaguláciou krvi alebo trávením. Práve toto široké spektrum príznakov spôsobuje, že rodiny s dieťaťom s diagnózou CDG putujú od lekára k lekárovi niekedy aj roky, kým dostanú správnu odpoveď (ak majú to šťastie a dieťa prežije).

Dnes poznáme viac ako 170 rôznych subtypov CDG ochorení, pričom každý je spôsobený defektom v inom gène. Najčastejším typom je PMM2-CDG, ktorý postihuje v Európe odhadom jedného z 20 000 ľudí – na Slovensku by teda mohlo ísť o stovky pacientov, avšak prvý diagnostikovaný pacient s týmto podtypom CDG bol zistený až v roku 2024. Podľa štatistických údajov z iných európskych krajín by na Slovensku mohlo žiť 250 až 500 pacientov s CDG (v celej skupine ochorení) – no väčšina z nich pravdepodobne stále nemá správnu diagnózu, čo je dôsledkom nedostatku odborníkov.

Zlatým štandardom pri diagnostikovaní CDG ochorení je izoelektrická fokusácia transferínu. Je to bežne zabehnutá metodika v diagnostických laboratóriách slovenských nemocníc. Nevýhodou tejto analýzy je pomerne široká diagnostická sivá zóna, ktorá môže viesť k falošne negatívnym alebo falošne pozitívnym výsledkom. Preto sa pri diagnostike ochorení CDG čoraz častejšie využíva aj kvapalinová chromatografia sérového transferínu ako doplnkové skríningové vyšetrenie. V spolupráci s Národným ústavom detských chorôb máme prístup k vzorkám pacientov, ktoré podrobujeme špecifickejšim analýzám. Vysokorozlišovacia hmotnostná spektrometria, NMR spektroskopia a moderné glyko-genomické metódy umožňujú zachytiť aj extrémne nízke koncentrácie biomarkerov a tak dokážeme identifikovať zmeny v glykánových štruktúrach, ktoré by tradičné diagnostické postupy nezachytili.

Moderná medicína sa čoraz viac prikláňa ku konceptu personalizovanej diagnostiky. Namiesto všeobecných kritérií sa zohľadňujú individuálne molekulárne znaky konkrétneho pacienta. Na ChÚ SAV sa tento prístup uplatňuje prostredníctvom komplexnej analýzy oligosacharidového zloženia telesných tekutín. Čím skôr sa podarí odhaliť molekulárnu podstatu ochorenia, tým skôr môže lekár začať s liečbou – a tým vyššia je šanca na zlepšenie zdravotného stavu pacienta aj zníženie spoločenských nákladov.

Glykomika predstavuje nový jazyk, ktorý sa postupne učíme čítať. Keď mu porozumieme, umožní nám diagnostikovať ochorenia rýchlejšie, presnejšie a cielenejšie než kedykoľvek predtým. Za každým glykánovým profilom je konkrétny človek – dieťa, ktoré bolo roky nesprávne diagnostikované. Rodič, ktorý hľadal odpovede. Lekár, ktorý nevedel, kde a ako hľadať. Mnohé dôležité informácie o zriedka-





vých ochoreníach sa pritom ukrývajú práve v molekulách na povrchu buniek – glykánach, ktorých informácie sa dnes stále učíme analyzovať a interpretovať.

## Vedecké perličky zo sveta cukrov

**Nie všetky cukry sú sladké** – väčšina biologicky významných sacharidov nemá žiadnu chuť. Napríklad kyselina sialová alebo fukóza zohrávajú kľúčovú úlohu v imunitných procesoch, no v potravinách by sme ich sladkosť nerozoznali.

**Cukry sú štruktúrne zložitejšie ako DNA** – zatiaľ čo DNA je tvorená iba štyrmi stavebnými jednotkami a vzniká podľa presne definovanej templátovej predlohy, pri tvorbe glykánov takýto templát neexistuje. Sacharidy používajú desiatky rôznych monosacharidov, ktoré sa môžu spájať viacerými typmi väzieb a vytvárať rozvetvené štruktúry. Výsledná podoba glykánov preto závisí od činnosti mnohých enzýmov a podmienok v bunke. Aj preto je analýza sacharidov pre vedcov podstatne náročnejšia než čítanie genetického kódu.

**Vírusy čítajú sacharidy ako PSČ** – mnohé z vírusov sa viažu len

na konkrétne sacharidové štruktúry, pričom aj malý rozdiel v type chemickej väzby môže ovplyvniť, či vírus infikuje človeka, vtáka alebo iný živočíšny druh.

**Jedna molekula môže zmeniť osud bunky** – aj minimálna zmena v štruktúre glykánov, napríklad prídanie alebo odstránenie jediného cukrového zvyšku, môže ovplyvniť správanie bunky. Takéto zmeny sa spájajú s niektorými genetickými aj nádorovými ochoreniami. Rakovinové bunky majú často odlišný sacharidový obal ako zdravé bunky a práve tieto rozdiely vedci skúmajú ako možné biomarkery, ktoré by sa dali zachytiť napríklad v krvi alebo moči.

**Glykomika je mladší súrodenec genetiky** – glykomika je v porovnaní s genetikou a proteomikou mladšou vednou disciplínou. Výraznejšie sa začala rozvíjať až v posledných rokoch, najmä vďaka pokroku v hmotnostnej spektrometrii a technikách nukleárnej magnetickej rezonancie (NMR). •

*Práca bola podporená programom EU NextGenerationEU z Plánu obnovy pre Slovensko - projekt č. 09I03-03-V04-00681.*

## História

# 125. výročie narodenia Dobroslava Prístavku

Text: J. Labuda, S. Hrouzková

Kontakt: jan.labuda@stuba.sk, svetlana.hrouzkova@stuba.sk

Pamätníci s úctou aj úsmevom spomínajú na výraznú osobnosť Ing. Dobroslava Prístavku – chemika z praxe, ktorý stál pri vzniku Ústavu analytickej chémie na Slovenskej vysokej škole technickej (SVŠT) v Bratislave (dnes Slovenskej technickej univerzite, STU) a na učiteľa, ktorý študentom odovzdával nielen odborné poznatky z analytickej chémie, ale s trpezlivosťou ich učil v odbore myslieť a aj za cenu viackrát opakovanej skúšky získať čo najlepšie vedomosti. Pochádzal z Dolného Dačova Lomu, kde sa narodil 5. 2. 1901 ako jediný syn Márie a Pavla Prístavku. Po absolvovaní štúdia na Českom vysokom učení technickom v Prahe v roku 1925 pôsobil v rokoch 1928 až 1948 na Ústave pre chemickú kontrolu Štátnych výskumných ústavov poľnohospodárskych (ŠVÚP) v Bratislave na pozíciách výpomocnej odbornej sily, referenta až po prednostu ústavu a po roku 1945 bol riaditeľom ŠVÚP (dnes ÚKSÚP). Ing. Prístavka bol významným odborníkom a súdnym znalcom v oblasti potravinárskej analýzy a s týmto zameraním organizoval aj postgraduálne kurzy.

V apríli 1941 rektor SVŠT prof. Ing. Dr. techn. Anton Bugan listom oznámil Ing. Prístavkovi potvrdenie Ministerstva školstva a národnej osvetly na jeho ustanovenie za suplenta analytickej chémie a správcu Ústavu analytickej chémie. D. Prístavka pedagogicky pôsobil aj na Prírodovedeckej fakulte a pre farmaceutov na Lekárskej fakulte vtedajšej Slovenskej univerzity. V Archive STU sú uložené príslušné poverenia rektora SVŠT aj dekana Lekárskej fakulty. V roku 1948 Ing. Prístavka úplne odišiel zo ŠVÚP a stal sa vedúcim Ústavu analytickej chémie SVŠT. Od 1. apríla 1950 bol menovaný zástupcom profesora pre odbor analytická chémia a prvým vedúcim novozriadenej Katedry analytickej chémie Chemickej, neskôr Chemickotechnologickej fakulty, kde pôsobil až do odchodu do dôchodku v roku 1961. Jeho prednášky boli doplnené početnými ukážkami analytických reakcií a techník s praktickými príkladmi vyplývajúcimi z bohatej odbornej skúsenosti a podávané s vlastným šarmom prednášateľa. Skúšal verejne za prítomnosti študentov, ktorí sa na skúšku pripravovali. Roky sa používala jeho učebnica Analytická chémia kvalitatívna (1960). Posledné roky trávil spolužitím v spoločnosti manželov Ing. Viktora Buchtu, funkcionára v ovocinárstve a prednášateľa na SVŠT, a Ing. Heleny Buchtovej, funkcionárky v ovocinárstve, zeleninárstve a pracovníčky ÚKSÚP. Dobroslav Prístavka zomrel 11. júla 1972 v Bratislave a Ing. Buchtová sa postarala aj o rozlúčku v Krematóriu v Bratislave a uloženie pozostatkov na cintoríne v Slávičom údolí.

D. Prístavka dokázal sklbiť chemické vedomosti, umenie prednášať s predvádzaním analytických reakcií a techník a úsilie o vedomosti



Medaila D. Prístavku

študentov s trvalou spoluprácou s viacerými vysokoškolskými pracoviskami a odbornou praxou. Mnohí naňho spomínajú ako na charizmatickú osobu s úsmevom pod fúzikmi, so všestrannými záujmami cez svetové dianie, šport až po hru na flautu. Vystihovali ho jeho slová: „Ďakujem veľmi pekne, prosím“. Dekan Fakulty chemickej a potravinárskej technológie STU prof. Ing. Anton Gatíal, DrSc. a prof. Ján Labuda odhalili v roku 2019 v obci Dačov Lom pamätnú tabuľu profesovi Prístavkovi a Slovenská chemická spoločnosť pri SAV spolu s Ústavom analytickej chémie STU zriadila a udeľuje Cenu Dobroslava Prístavku za prínos k rozvoju analytickej chémie a chemicko-analytického skúšobníctva na Slovensku. •

# 50. výročná konferencia o kvasinkách

Text: H. Schusterová, R. Vadkertiová, P. Biely  
Kontakt: chemhadu@savba.sk

V malebnom prostredí Smolenického zámku, ktorý je situovaný v nádhernom prostredí Malých Karpát, sa konala v dňoch 19. – 22.5.2026 konferencia o kvasinkách a nielen hocijaký ročník, ale 50. výročná konferencia o kvasinkách. Je symbolické, že sa jubilejná konferencia konala na tom istom mieste, ako prvá medzinárodná konferencia o kvasinkách nazvaná the First International Symposium on Yeasts, ktorú v roku 1964 zorganizovala Dr. Anna Kocková Kratochvílová, DrSc. ako jej predsedníčka, v spolupráci so sekretárom Doc. Ing. Erichom Minárikom, DrSc. Bolo to stretnutie vedcov z Československa a z okolitých krajín, ktorí spolupracovali v rôznych oblastiach výskumu kvasiniek. Sympóziu malo priateľskú atmosféru a zaznamenalo veľký úspech, a preto sa Dr. Kocková-Kratochvílová a Doc. Minárik rozhodli v roku 1966 zorganizovať v Bratislave medzinárodnú konferenciu s väčším počtom účastníkov – the Second



Sympóziu o kvasinkách v Smoleniciach v roku 1964

International Symposium on Yeasts.

Sympózia sa zúčastnilo približne 150 účastníkov z 27 krajín sveta a stalo sa významným míľnikom v organizovaní konferencií o kvasinkách a vo výskume kvasiniek. Účastníci sympózia rozhodli, že sa konferencie budú organizovať na pravidelnej báze a prijali nasledovnú rezolúciu: „Všetci si uvedomujeme, že význam kvasiniek v posledných rokoch stále rastie. Kvasinky a kvasinkovité organizmy sa uplatňujú v rôznych oblastiach, napr. pri klasickej fermentácii piva, vína a saké, pri výrobe pekárskeho kvasníc, pri príprave vzácnych biochemických zlúčenín a liečivých prípravkov, pri príprave enzýmov, nukleových kyselín, vitamínov, antigénov, v poľnohospodárstve pri výrobe krmív pre zvieratá, vo vedeckom výskume ako modelov na skúmanie biologických procesov ako aj v oblasti hygieny ako pôvodcov chorôb ľudí a zvierat.“ Okrem toho bola pod záštitou Medzinárodnej asociácie mikrobiologických spoločností (IAMS) zriadená Rada pre výskum kvasiniek, zložená z popredných vedcov v tejto oblasti. V roku 1967 bola zriadená Komisia pre kvasinky (predtým Sekcia pre kvasinky) Československej mikrobiologickej spoločnosti s cieľom organizovať každoročné konferencie a prezentovať výsledky výskumu kvasiniek. Od roku 1964 Komisia pre kvasinky zorganizovala na Slovensku 49 výročných konferencií o kvasinkách a päť špecializovaných sympózií: I. Specialized Symposium on Yeasts – Yeasts as Models in Science and Technics, 1971; IX. International Symposium on Yeasts – Yeasts in Human Environment, 1983; XIV. ISSY Yeast Taxonomy, Theoretical and Practical Aspect, 1990; XX. ISSY Surface Structure and Membrane Phenomena, 1999; XXX. ISSY Cell Surface and Organelles in Yeasts:

From Basics to Applications – Stará Lesná, 2013.

Od roku 1974 sa výročné konferencie o kvasinkách organizovali každý rok a z národných konferencií sa zmenili na medzinárodné. Nebolo to inak ani na 50. výročnej konferencii o kvasinkách.

Prvý deň konferencie začal špeciálnymi prednáškami: Prof. Petra Raspora zo Slovinska a Dr. Petra Bieleho z Chemického ústavu SAV, v. i. Prof. Peter Raspor v prednáške s názvom „The yeast timeline: Breakthroughs that shaped modern life sciences“ zhrnul priebeh celosvetového vývoja vedy o kvasinkách za uplynulých 70 rokov. Poukázal na to, že v súčasnosti kvasinky slúžia nielen ako modelový organizmus, ale aj ako zjednocujúci systém spájajúci základnú biológiu, technologické inovácie a ekologickú komplexnosť a zdôraznil, že práve malé kvasinkové bunky prispeli k niektorým z najväčších pokrokov v modernej vede. Dr. Peter Biely v prednáške „The birth and tradition



Dr. Anna Kocková-Kratochvílová

of the conferences in Slovakia“ ocenil zásluhy Dr. Anny Kockovej-Kratochvílovej na organizovaní národných aj medzinárodných konferencií o kvasinkách. Zdôraznil, že Dr. Kocková-Kratochvílová bola žena zapálená pre vedu, pre kvasinky a pre spoluprácu a bola aj medzinárodne uznávanou odborníčkou vo výskume kvasiniek. Zároveň uviedol, že Dr. Anna Kocková-Kratochvílová začala v rokoch 1942-1945 budovať v Prahe zbierku kvasiniek, ktorú v roku 1953 presťahovala do Bratislavy a od roku 1959 je Zbierka kultúr kvasiniek (Culture Collection of Yeasts, CCY) organickou súčasťou Chemického ústavu SAV, v. i. Večerný program pokračoval vďaka peknému počasiu vonku a o spríjemnenie večera sa postaral ľudový súbor Gymnik, ktorý rozťancoval aj účastníkov konferencie.

Na druhý deň pokračoval vedecký program sekciou Biotechnológia kvasiniek. Pozvaný prednášajúci Prof. Gianluigi Cardinali z Talianska oboznámil publikum so svojím výskumom venovaným aplikáciám kvasiniek ako užitočným agensom pre rastliny (Biotechnological application of yeasts as mitigators of salinity effects on plants, a genetic perspective). Poobednú sekciu Diverzita a Interakcie kvasiniek otvoril pozvaný prednášajúci Dr. Vincent Robert z Holandska, ktorý hovoril o identifikácii kvasiniek v ére AI (Yeast identification in the age of data and AI). Po popoludňajšej sekcii mali účastníci konferencie možnosť navštíviť prevádzku včeloviny a medoviny v Smoleniciach s malou prechádzkou a vynikajúcou ochutnávkou produktov vzniknutých vďaka včelám a kvasinkám.

Štvrtok bol venovaný sekcii Molekulárna a bunková biológia kvasiniek, ktorú otvorili na počesť Dr. Anny Kockovej-Kratochvílovej dvaja



pozvaní prednášajúci, a to Prof. Duccio Cavalieri z Talianska a Doc. Marita Cohn zo Švédska. Prof. Cavalieri hovoril o využití *Saccharomyces cerevisiae* pre molekulárno-biologické štúdie (*Saccharomyces cerevisiae* as a tool to study host microbe interactions) a Doc. Marita Cohn predstavila svoju prácu týkajúcu sa molekulárnych mechanizmov ochrany telomérov u kvasiniek (Molecular mechanisms for telomeres maintenance in yeast). V poobedných hodinách ozdnelo osem krátkych predstavení posterov prezentovaných doktorandmi a nasledovala posterová sekcia. Deň uzatvorila spoločenská večera so slovenskými špecialitami a príjemnými rozhovormi.

Posledný deň konferencie patril jej ukončeniu a stretnutie mala aj Komisia pre kvasinky. Konferenciu uzatvoril predseda organizačného výboru Prof. Milan Čertík a vyhlásil výsledky vyhodnotenia študentskej posterovej sekcie. Ocenené boli tri študentky: Aleksandra Bogdańska (Poľsko) s posterom „SUMOylation of Ctp1 in the maintenance of *Schizosaccharomyces pombe* centromeres“, Ema Lisá (Slovensko) s posterom „Mitochondrial enzymatic activities in the yeast *Saccharomyces cerevisiae* are altered after exposure to cold plasma“ a Daniela Nemčeková (Slovensko) s posterom „The G-patch protein Cwf28 interacts with the Cdc28 helicase in catalytic spliceosomal complexes in *Schizosaccharomyces pombe*.“

Na konferencii sa zúčastnilo 104 účastníkov zo 14 krajín sveta. Bolo prezentovaných 29 prednášok a 32 posterov. Na základe spätnej väzby a ohlasov účastníkov môžeme konštatovať, že sa nám podarilo zorganizovať hodnotnú konferenciu s kvalitnými prezentáciami výskumu kvasiniek v rôznych oblastiach. Teší nás, že si účastníci konferencie pochvalovali priateľskú atmosféru, možnosť nadviazať spolupráce a priestor na neformálne rozhovory. Veríme, že aj naďalej sa nám bude dariť organizovať konferencie o kvasinkách s takým pozitívnym ohlasom. ●

Na konferencii sa zúčastnilo 104 účastníkov zo 14 krajín sveta. Bolo prezentovaných 29 prednášok a 32 posterov. Na základe spätnej väzby a ohlasov účastníkov môžeme konštatovať, že sa nám podarilo zorganizovať hodnotnú konferenciu s kvalitnými prezentáciami výskumu kvasiniek v rôznych oblastiach. Teší nás, že si účastníci konferencie pochvalovali priateľskú atmosféru, možnosť nadviazať spolupráce a priestor na neformálne rozhovory. Veríme, že aj naďalej sa nám bude dariť organizovať konferencie o kvasinkách s takým pozitívnym ohlasom. ●

## SAV

## SAV na „Veľtrhu vedy v Prahe“

Text: S. Podhradská, L. Lorencová, J. Blahutová, R. Dávid

Kontakt: lenka.lorencova@savba.sk

Foto: K. Gáliková, M. Bystriansky, L. Lorencová

V dňoch od 4. do 6. júna 2026 sa Výstavisko Letňany vďaka Akadémii vied ČR, univerzitám a rôznym firmám zaplnilo viac ako sto expozíciami. Milú príležitosť, ako objaviť čaro veľtrhu vedy, zažiť vedu na vlastnej koži u našich susedov a zároveň ich podporiť, sme mali aj my – Slovenská akadémia vied.

Veľtrh vedy predstavuje najväčšiu populárno-náučnú akciu v Českej republike, organizovanú každoročne od roku 2015 Akadémiou vied ČR, pričom spája vedcov, inštitúcie, firmy a verejnosť. Oblúbená akcia sprístupňuje fascinujúcu vedu vo všetkých jej podobách a ponúka návštevníkom to najzaujímavejšie zo sveta prírodných, technických, humanitných aj spoločenských vied.

Každý rok ju navštívi viac ako 50 000 fanúšikov a fanúšičiek vedy a ďalšie desiatky tisíc ľudí sú oslovené online. Veľtrh vedy sa počas niekoľkých rokov stal jedným z najprogresívnejších veľtrhov v Českej republike. Dôkazom je narastajúci počet návštevníkov, vystavovateľov, mediálnych a iných výstupov. Veľtrh vedy ukazuje českú vedu v celej jej šírke a sile prostredníctvom zážitkov, dialógov a interakcií, ktorými otvára nielen aktuálne témy, ale aj tie, ktoré sa týkajú našej budúcnosti.

Jeho cieľom je približovať zložité vedecké fenomény a aktuálny výskum hravou a interaktívnou formou, aby ich pochopil naozaj každý. V PVA EXPO Praha sa veda popularizuje prostredníctvom kreatívnych expozícií, realistických modelov, simulátorov, mobilných laboratórií a ďalších originálnych prezentačných foriem, ktoré návštevníkov vtiahnu do diania.

Takisto sa tu predstavuje špičkový výskum a ukazuje, ako sa dá využiť v bežnom živote aj v priemyselných odvetviach. Zároveň sa prostredníctvom veľtrhu aktívne zvyšuje záujem potenciálnych nových študentov, pomáha absolventom nájsť uplatnenie vo vedeckých inštitúciách a prispieva k profesijnému rastu pedagógov. Verejnosti sa otvárajú nielen aktuálne témy českej vedy a spoločnosti, ale aj globálne výzvy, ktoré hýbu celou ľudskou civilizáciou.

Podujatie je jedinečné aj tým, že prepája odborníkov a odborníčky z akademického prostredia s bežnými ľuďmi aj s komerčným sektorom. Šikovní organizátori veria, že veda a kreativita patria k sebe a "robia z toho poriadnu vedu – zábavnú, živú a inšpiratívnu".

Slovenskú akadémiu vied na Veľtrhu vedy v tomto roku zastupovali Virologický ústav a Ústav experimentálnej endokrinológie BMC SAV, v. v. i., Ústav molekulárnej biológie SAV, v. v. i., a Jazykovedný ústav Ľudovíta Štúra SAV, v. v. i. Vedenie SAV na podujatí reprezentovali členovia Predsedníctva SAV Pavol Siman a Martin Nosko.

Súčasnou účasťou SAV na podujatí bolo aj stretnutie koordinátorov a popularizátorov vedy v ústavoch a centrách SAV s českými kolegami - popularizátormi.

Vďaka stretnutiu s kolegami a kolegyňami z Referátu pre komunikáciu, PR SAV a s kolegami z Akadémie vied České republiky sme sa



počas cennej diskusie mohli podeliť o svoje skúsenosti s popularizáciou vedy, poradiť si navzájom a hľadať riešenia na ďalšie zlepšenie.

SAV reprezentovali aj Silvia Podhradská (Ústav polymérov SAV, v. v. i.), Lenka Lorencová (Chemický ústav SAV, v. v. i.), Jana Blahutová (Chemický ústav SAV, v. v. i.) a Rebeca Dávid (Centrum pre využitie pokročilých materiálov SAV, v. v. i.) spolu na fotografii vpravo hore. Martin Nosko, člen Predsedníctva SAV pre 1. oddelenie vied na fotografii vľavo hore ●

# Kvasinky ako nové potenciálne riešenie na zvýšenie úrody počas sucha

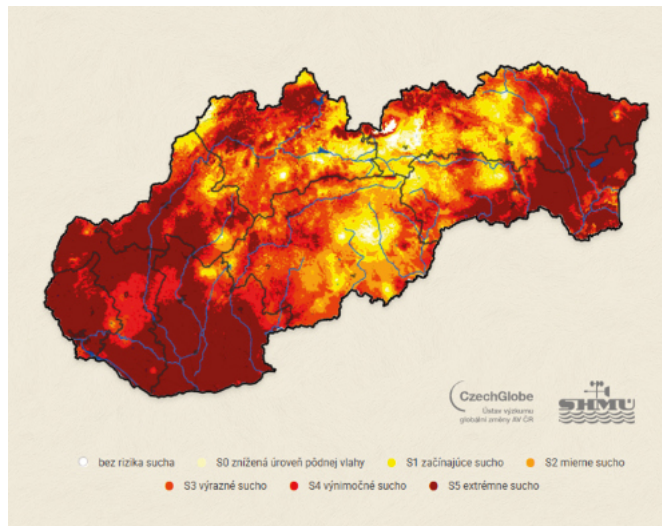
Text: E. Labancová  
Kontakt: chemelab@savba.sk

**N**a to, aby si človek uvedomil závažnosť situácie s nedostatkom závlahy na Slovensku, si bohužiaľ nemusí predstavovať abstraktné čísla a štatistiky. Stačí sa pozrieť na vlastnú záhradu či poľa. Správy od poľnohospodárov a klimatológov hovoria o presušenej a prašnej pôde, v ktorej sa poľnohospodárske plodiny nedokážu hlboko zakoreniť. V dôsledku toho, aj napriek umelému zavlažovaniu, nezískavajú dostatok vody do nadzemných častí a postupne spomaľujú svoj rast.

Extrémne sucho zasiahlo v apríli a v máji 2026 až 35,6 % územia Slovenska, pričom bolo výraznejšie v porovnaní s poslednými rokmi. Príklad zmeny pôdnej vlhkosti ukazuje aj priložená mapa z 26.6.2026 z portálu Intersucho, ktorého monitoring zistil, že v tomto čase extrémne sucho zasiahlo až 41 % územia. Boli to najmä oblasti Podunajska, Zemplína, Abova, Záhoria, Považia, z ktorých väčšina je známa práve intenzívnou poľnohospodárskou činnosťou. Výrazný nedostatok vody je evidovaný v povrchových aj v hlbších vrstvách pôdy. Nie je preto žiadnym prekvapením, že nedostatok zrážok a s tým spojené sucho negatívne ovplyvňuje celkovú úrodu a tým ohrozuje potravinovú sebestačnosť a poľnohospodárom spôsobuje ekonomické straty. K tejto situácii však neprichádza náhle. Prognózy a klimatické podmienky už dlho nasvedčujú tomu, že zrážok bude v nasledujúcich rokoch ešte ubúdať. Čo teda môže bežný poľnohospodár alebo záhradkár robiť?

## Pomoc z ríše biostimulantov

Okrem toho, že človek vezme do ruky krhlu a rastliny jednoducho poleje, môže využiť rôzne spôsoby na zadržanie vody v pôde. Do pôdy



Odchýlka pôdnej vlhkosti od zvyčajného stavu v období 1961–2015 (intersucho, 28. 6. 2026)

sa bežne pridávajú aditíva, ktoré dokážu do určitej miery zachovať vlhkosť a zabrániť výparu. Ide o pomerne udržateľný, „zelený“ spôsob pestovania.

Táto metóda však nie je univerzálna pre všetky rastliny a ich vývinové štádiá. Plodiny sú extrémne citlivé na množstvo vody najmä



Fotografia predstaviteľov ChÚ SAV, v. v. i., AZOTER Trading s.r.o., a KTT SAV v. v. i. zodpovedných za výskum, podanie patentovej príhlášky a následné testovanie v praxi. Na fotografii zľava: Mgr. Stanislav Kozmon, PhD. (Riaditeľ, ChÚ SAV, v. v. i.), Ing. Alena Vymyslická (Production Manager, AZOTER Trading, s.r.o.), Ing. Katarína Račková (KTT SAV); RNDr. Karin Kollárová, PhD. (pôvodkyňa patentu a vedúca skupiny Fyziológov rastlín ChÚ SAV, v. v. i.); MSc. Marko Bajus, PhD. (pôvodca patentu a člen skupiny Fyziológov rastlín ChÚ SAV, v. v. i.), Mgr. Eva Labancová, PhD. (pôvodkyňa patentu a členka skupiny Fyziológov rastlín ChÚ SAV, v. v. i.); RNDr. Jaroslav Noskovič, PhD. (KTT SAV); Ing. Renáta Vadkertiová, PhD. (pôvodkyňa patentu a vedúca Zbierky kultúr kvasiniek ChÚ SAV, v. v. i.).



na začiatku – pri klíčení, zakoreňovaní a v počiatočnom štádiu rastu. Práve v tomto kritickom čase by im mohli pomôcť biostimulanty. Vo všeobecnosti ide o prípravky obsahujúce látky biologického pôvodu, ktoré minimalizujú chemizáciu pôdy, nakoľko podliehajú rýchlemu rozpadu a nepredstavujú riziko pre životné prostredie.

## Sila „domácich“ kvasiniek

Do osobitnej skupiny biostimulantov zaraďujeme mikroorganizmy, hlavne baktérie a huby, alebo produkty ich metabolizmu. Medzi mikroskopické huby patria aj kvasinky, ktoré poznáme hlavne z potravinárstva, kde sa uplatňujú napr. pri výrobe chleba, piva a vína. Kvasinky sú všadeprítomné jednobunkové organizmy, ktoré v pôde tvoria spoločenstvá s inými mikroorganizmami a prispievajú ku zlepšeniu vlastností pôdy. Často však žijú aj s rastlinami v takzvanom synergickom (obojsstranne výhodnom) vzťahu – rastlina poskytuje kvasinke živiny, ktoré si mikroorganizmus nedokáže sám syntetizovať, a kvasinka zasa pomáha rastline. Práve tento vzťah sa dá využiť pri vývoji nových biostimulantov.

Uvedené vlastnosti zaujali aj vedcov z Chemického ústavu SAV, v. v. i. (ChÚ SAV), ktorí spojili sily pri skúmaní vplyvu kvasiniek na rastliny vystavené stresu zo sucha. Do výskumu sa zapojili odborníci z dvoch pracovných skupín: Fyziológie rastlín a Zbierky kultúr kvasiniek.

Vedcom sa podarilo dokázať pozitívny vplyv kvasinky *Rhodotorula mucilaginosa* (kmeň CCY 20-1-39) na rast kukurice vystavenej suchu. Tento konkrétny kmeň izolovali pracovníci Zbierky kultúr kvasiniek priamo zo vzoriek pôdy na území Slovenska. Keďže je kmeň izolovaný zo špecifickej oblasti a pôdy (endemický), môže sa odlišovať od iných kmeňov rovnakého druhu niektorými vlastnosťami a tvorbou určitých metabolitov. Výskum tohto „slovenského“ kmeňa je kľúčový. Ukazuje totiž, že biostimulačný potenciál nemajú len klasické kvasnice (*Saccharomyces cerevisiae*), či komerčne predávané kmene. Často je oveľa vhodnejšie zamerať sa na endemické (miestne) kmene, ktoré môžu byť v našich podmienkach omnoho účinnejšie. Výskum navyše potvrdil, že aplikácia kvasinky na zrná kukurice priamo zlepšuje dĺžku a biomasu rastliny nielen pri nedostatku vody, ale aj v bežných podmienkach.

## Od laboratórneho výskumu k patentu a k praxi

Výskum vedcov z Chemického ústavu SAV, v. v. i. už priniesol aj svoje ovocie v podobe udeleného patentu s názvom „Spôsob ošetrovania semien kukurice na zlepšenie rastu, semeno ošetrované týmto spôsobom a ich použitie“. Patent udelil Úrad priemyselného vlastníctva SR dňa 13. mája 2026. Na získanie rozšírenej ochrany duševného vlastníctva podali vedci aj medzinárodnú PCT prihlášku, ktorá zabezpečí ochranu riešenia v zahraničí. Významnú úlohu v procese zohrala Kancelária pre transfer technológií SAV (KTT SAV), ktorá plynule zastrelila celú administratívu od komunikácie až po hľadanie partnerov.

Okrem samotného rastu vedci zistili, že kvasinka aktívne zlepšuje obsah vody v pletivách kukurice a priaznivo ovplyvňuje jej antioxidačnú kapacitu. Tieto detailné výsledky budú súčasťou pripravovanej publikácie v zahraničnom karentovanom vedeckom časopise, ktorej vydanie bolo z dôvodu patentového konania dočasne pozastavené.

Týmto sa však práca nekončí. Ďalším logickým krokom bolo hľadanie partnera, ktorý by overil toto riešenie v praxi. V laboratóriách a kultivačných komorách ChÚ SAV totiž bolo možné testovať len menšie a mladšie rastliny. Záujem o spoluprácu prejavila slovenská spoločnosť AZOTER Trading s.r.o., ktorá sa zaoberá výrobou mikrobiálnych prípravkov pre ekologické poľnohospodárstvo. Po podpise zmluvy o spolupráci sa okamžite začalo testovanie ošetrovanej kukurice priamo v reálnych poľných podmienkach, ktoré je v súčasnosti už v pokročilom štádiu.

Získané poznatky zvýšia povedomie verejnosti nielen o ekologických alternatívach v poľnohospodárstve, ale sú aj dôležitým odrazovým mostíkom pre ďalší výskum. Vedci by chceli v budúcnosti aplikovať uvedenú kvasinku (či iné slubné kmene) aj na ďalšie druhy hospodárskych plodín, ktorých pestovanie je v dôsledku prebiehajúcej klimatickej zmeny vážne ohrozené. ●

### Zdroje:

<https://www.intersucho.sk/sk/slovensko/aktualni-stav-intenzita-sucha/?limit=12#active=2>

### Ocenenia vo vede

## Vedec roka SR 2025

Text: V. Milata, L. Švorc

Kontakt: [viktor.milata@stuba.sk](mailto:viktor.milata@stuba.sk)

Foto: T. Šula

Dňa 16. júna 2026 sa uskutočnilo v Moyzesovej sieni Filozofickej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave Slávnostné odovzdávanie cien Vedec roka SR 2025. Záštitu nad podujatím prevzal prezident Slovenskej republiky pán Peter Pellegrini. Cieľom podujatia je profesionálne a spoločensky vyzdvihnúť najvýznamnejšie osobnosti vedeckého života, ako aj najlepšie dosiahnuté výsledky vo vede a výskume na Slovensku. 29. ročník tohto tradičného podujatia netradične vyhlásil len Zväz slovenských vedeckotechnických spoločností. Hlavným partnerom bola spoločnosť SPP, a.s. a partnerom Tatravagónka, a.s. za mediálnej podpory televízie Markíza a časopisu Strojárstvo/Strojníctvo a VTS news.

### Laureáti sa stali:

- v kategórii: Vedec roka: Dr. h. c. prof. Dr. Ing. Milan Sága,
- v kategórii: Mladý vedecký pracovník roka: Ing. Mgr. Marián Janík, PhD.,
- v kategórii: Inovátor roka: doc. Ing. Miloš Matúš, PhD.,
- v kategórii: Technológ roka: Ing. Matúš Gelatko, PhD.,
- v kategórii: Osobnosť medzinárodnej spolupráce: doc. PhDr. Alžbeta Brozmanová Gregorová, PhD., univ. prof.

Zároveň bolo 15 ďalších vedcov ocenených Čestným uznaním za nomináciu na podujatie. Veríme, že sa k tomuto dôležitému a potrebnému podujatiu vrátia bývalí gestori a že podujatie navštívia aj popredné osobnosti slovenského politického života, aby aj takýmto



Laureáti ocenení Vedec roka 2025 – zľava: Dr. h. c. prof. Dr. Ing. Milan SÁGA Vedec roka; Ing. Matúš GELATKO, PhD. Technológ roka; doc. PhDr. Alžbeta BROZMANOVÁ GREGOROVÁ, PhD., univ. prof. Osobnosť medzinárodnej spolupráce; doc. Ing. Miloš MATÚŠ, PhD. Inovátor roka a Ing. Mgr. Marián JANÍK, PhD. Mladý vedecký pracovník

spôsobom vyjadrili svoju podporu vzdelávaniu a znalostnej ekonomike. Viac informácií nájdete na [www.zsvts.sk/vedec-roka-2025](http://www.zsvts.sk/vedec-roka-2025). ●

# L'Oréal – UNESCO Pre ženy vo vede 2025: Tri slovenské vedkyne získali prestížne ocenenia

Text: M. Baráth  
Kontakt: marek.barath@savba.sk



**P**rogram L'Oréal – UNESCO Pre ženy vo vede už niekoľko rokov podporuje mladé vedkyne na začiatku ich samostatnej vedeckej kariéry. Každoročne oceňuje tri ženy pôsobiace na slovenských vedeckých pracoviskách, ktorým poskytuje finančný grant určený na ďalší rozvoj ich výskumu. V roku 2025 odborná porota ocenila vedkyne pôsobiace v oblastiach biomedicíny, materiálového výskumu a udržateľnej energetiky. Ich výskum sa venuje témam s potenciálom prispieť k lepšiemu poznaniu biologických procesov, vývoju nových materiálov aj hľadaniu udržateľných technologických riešení. Slovenská edícia je súčasťou medzinárodného programu L'Oréal – UNESCO For Women in Science, ktorý vznikol s cieľom podporovať vedeckú excelentnosť a vytvárať lepšie podmienky pre rozvoj talentovaných vedkýň. Okrem finančnej podpory program zvyšuje povedomie o ich vedeckých výsledkoch a približuje ich prácu odbornej i širokej verejnosti.

## Výskum pre presnejšiu diagnostiku

Jednou z laureátok sa stala RNDr. Lenka Lorencová, PhD., z Chemického ústavu Slovenskej akadémie vied, v. v. i., ktorá sa dlhodobo venuje výskumu elektrochemických biosenzorov a využitiu pokročilých nanomateriálov v biomedicínskych aplikáciách. Vo svojom ocenenom projekte skúma možnosti využitia dvojrozmerných nanomateriálov – MXénov – pri vývoji novej generácie biosenzorov určených na citlivú detekciu biomarkerov nádorových ochorení. Cieľom výskumu je pripraviť spoľahlivé diagnostické platformy schopné identifikovať ochorenie už v jeho skorých štádiách, keď je liečba spravidla najúspešnejšia. Projekt prepája poznatky analytickej chémie, nanotechnológií a biomedicíny a predstavuje perspektívny prístup k vývoju moderných diagnostických metód s potenciálom budúceho využitia v klinickej praxi.

## Nové materiály pre zelenú energetiku

Druhou laureátkou sa stala doc. Mgr. Anna Kityk, PhD., pôsobiaca v Centre pre využitie pokročilých materiálov SAV, v. v. i. a na Ústave materiálov a mechaniky strojov SAV, v. v. i. Vo svojom výskume sa venuje vývoju nových elektrokatalytických materiálov pre ekologickú výrobu zeleného vodíka, ktorý patrí medzi perspektívne energetické nosiče budúcnosti bez emisií. Jej projekt je zameraný na prípravu vysokoúčinných katalyzátorov s využitím moderných nanoštruktúrovaných materiálov a environmentálne šetrných postupov syntézy. Výsledky výskumu môžu prispieť k zvýšeniu účinnosti elektrochemickej výroby vodíka, znížiť energetickú náročnosť celého procesu a podporiť rozvoj technológií využívajúcich obnoviteľné zdroje energie.

## Nanoemulzie pre cieleňú terapiu

Tretou ocenenou vedkyňou je Mgr. Zuzana Garaiová, PhD. z Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave, ktorá sa vo svojej vedeckej práci venuje biofyzikálnemu štúdiu nanoemulzií a ich využitiu ako moderných nosičov biologicky aktívnych látok. Výskum sa zameriava na vývoj stabilných nanoemulzných systémov umožňujúcich efektívnejší transport liečiv a prírodných bioaktívnych zlúčenín do cieľových tkanív. Súčasťou projektu je aj štúdium látok, ako sú skvalén či olej zo semien granátovníka, ktoré vykazujú sľubné biologické vlastnosti. Výsledky výskumu majú potenciál pri-

spieť k vývoju nových prístupov v cieleňej terapii onkologických ochorení a zároveň podporujú využívanie udržateľných zdrojov pri výrobe bioaktívnych látok.

## Program s medzinárodnou tradíciou

Program For Women in Science vznikol v roku 1998 spoločnou iniciatívou spoločnosti L'Oréal a UNESCO. Na Slovensku sa realizuje od roku 2017 v spolupráci spoločnosti L'Oréal Slovensko, Slovenskej akadémie vied (SAV), Slovenskej organizácie pre výskumné a vývojové aktivity (SOVA) a Slovenskej komisie pre UNESCO. Každoročne odborná porota vyberá tri laureátky, ktoré získavajú grant vo výške 7 000 eur na ďalší rozvoj svojho vedeckého výskumu. Program dnes pôsobí vo viac ako 110 krajinách sveta a patrí medzi najprestížnejšie iniciatívy na podporu žien vo vede. Podpora mladých vedkýň preto nepredstavuje len investíciu do jednotlivých výskumníčok, ale aj do budúcnosti slovenskej vedy, inovácií a celej spoločnosti. Laureátky roku 2025 dokazujú, že aj slovenské vedecké pracoviská prinášajú výskum s medzinárodným významom a potenciálom prispieť k riešeniu aktuálnych spoločenských výziev.

### Oficiálny názov programu:

L'Oréal – UNESCO Pre ženy vo vede na Slovensku (L'Oréal – UNESCO For Women in Science Slovakia)

### Medzinárodný program:

Program For Women in Science vznikol v roku 1998 z iniciatívy spoločnosti L'Oréal a UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* – Organizácia Spojených národov pre vzdelávanie, vedu a kultúru). Jeho cieľom je podporovať ženy vo vede, oceňovať ich vedecké úspechy a motivovať mladé vedkyne k vedeckej kariére.

### Slovenská edícia:

Program sa na Slovensku realizuje od roku 2017 (prvé výzvy boli spustené v roku 2016) a každoročne oceňuje tri mladé vedkyne pôsobiace na slovenských vedeckých pracoviskách.

### Organizátori a partneri:

- L'Oréal Slovensko – organizátor programu,
- SAV – Slovenská akadémia vied,
- SOVA – Slovenská organizácia pre výskumné a vývojové aktivity,
- Slovenská komisia pre UNESCO.

### Odborná porota:

Porotu tvoria poprední slovenskí vedci a vedkyne. Dlhoročnou predsedníčkou poroty je prof. RNDr. Ľubica Lacinová, DrSc., členka Slo-





Ocenené vedkyne, zľava Anna Kityk, Zuzana Garaiová, Lenka Lorencová

venskej komisie pre UNESCO.

#### Ocenenie:

Každoročne sú vybrané tri laureátky, ktoré získavajú grant vo výške 7 000 € (spolu 21 000 €). Finančné prostriedky môžu využiť na ďalší vedecký výskum, profesijný rozvoj alebo rozvoj svojej vedeckej kariéry. Okrem finančnej podpory získavajú laureátky aj mediálnu prezentáciu a možnosť zviditeľniť svoj výskum doma aj v zahraničí.

#### Kto sa môže prihlásiť?

Do programu sa môžu prihlásiť vedkyne s titulom PhD. vo veku do 40 rokov (vrátane), pôsobiace na slovenskej univerzite, v Slovenskej akadémii vied alebo na inom vedeckovýskumnom pracovisku na území Slovenskej republiky. Prihlásiť sa môžu aj zahraničné výskumníčky, ak preukázateľne realizujú vedecký výskum na Slovensku najmenej jeden rok.

Uchádzačky predkladajú projekt, ktorý bude realizovaný na Slovensku počas nasledujúcich 12 mesiacov. Odborná porota hodnotí najmä:

- vedeckú kvalitu a originalitu projektu,
- doterajšie vedecké výsledky uchádzačky,

- potenciálny prínos projektu pre rozvoj vedy a spoločnosti,
- uskutočniteľnosť navrhovaného výskumu.

#### Ocenenia sa udeľujú v troch oblastiach:

- inžinierske vedy a technológie,
- vedy o živé prírode,
- fyzikálne a formálne vedy.

#### Oficiálne webové stránky:

[www.prezenyvovede.sk](http://www.prezenyvovede.sk)

[www.forwomeninscience.com](http://www.forwomeninscience.com) •

#### Použité zdroje

1. Slovenská akadémia vied – [https://www.sav.sk/?lang=sk&doc=services-news&source\\_no=20&news\\_no=13125](https://www.sav.sk/?lang=sk&doc=services-news&source_no=20&news_no=13125)
2. CVTI SR – Veda na dosah – <https://vedanadosah.cvtisr.sk/ine/program-loreal-unesco-pre-zeny-vo-vede-na-slovensku-ocenil-tri-vynimocne-vedkyne/>
3. Fondation L'Oréal – <https://www.forwomeninscience.com>

# Chemický náboj 2026

Text: D. Sarvaš, M. Májek

Foto: Lea Hegedúsová

Kontakt: sarvas6@uniba.sk

Dňa 24. 4. 2026 sa v priestoroch bratislavského UPeCe konal štvrtý ročník súťaže Chemický Náboj. Na organizácii súťaže sa pod vedením Dr. Michala Májeka a Mgr. Dominika Sarvaša podieľal tím vyše 20 študentov a doktorandov z chemických katedier Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave.

Tento rok sa do súťaže zapojilo 78 súťažných tímov z celého Slovenska. Okrem prevahy stredoškôľakov sa do tohto ročníka zapojil aj jeden tím šikovných žiakov základnej školy. Štvorčlenné alebo trojčlenné tímy, rozdelené do dvoch súťažných kategórií - junióri a senióri, riešili počas dvoch hodín sadu 36 zaujímavých príkladov a úloh stupňujúcej sa náročnosti, z najrôznejších oblastí chémie – všeobecnej, anorganickej, organickej, fyzikálnej, jadrovej chémie a biochémie. Vyhrál ten súťažný tím, ktorému sa podarilo správne vyriešiť čo najviac príkladov.

Počas trvania súťaže si sprevádzajúci učitelia mohli vypočuť odbornú prednášku o oxidačno-redukčných reakciách v analytickej

chémii, pod vedením Ing. Pavla Májeka, PhD. Nové informácie môžu učitelia využiť nielen pri výučbe, ale aj v rámci príprav študentov na chemické súťaže. Na slávnostnom vyhodnotení prof. RNDr. Katarína Mikušová, DrSc. z katedry biochémie PríF UK, odovzdala ocenenia piatim najúspešnejším tímom z oboch kategórií.

Na záver prebehlo losovanie o atraktívne spoločenské hry – sponzorský dar od spoločnosti Funtastic, v ktorom cenu získali aj tímy, ktoré sa neumiestnili na popredných miestach – rozhodovalo šťastie. Ostatné zúčastnené tímy dostali účastnícky diplom.

V tomto ročníku bol pre účastníkov súťaže v priestoroch Prírodovedeckej fakulty UK pripravený aj sprievodný program s popularizačnou prednáškou. Účastníci tak mali príležitosť zažiť jedinečnú atmosféru fakulty, prejsť sa jej novými muzeálnymi chodbami, vidieť unikátnu periodickú tabuľku prvkov so skutočnými vzorkami jednotlivých prvkov a ich zlúčenín či vidieť prístrojové vybavenie niektorých špecializovaných laboratórií.

| KATEGÓRIA JUNIOR |                                                                                                                                |         |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1.               | <b>Gymnázium V. B. Nedožerského, Matice slovenskej 16, Prievidza</b><br>Adam Putiška, Matúš Híreš, Dominik Žilla, Lukáš Žember | 21 / 36 |
| 2.               | <b>Gymnázium J. Hronca, Novohradská 3, Bratislava</b><br>Olívia Živčicová, Alica Jenčová, Šimon Markuš, David Földes           | 19 / 36 |
| 3.               | <b>Gymnázium, Grösslingová 18, Bratislava-Staré Mesto</b><br>Ondrej Beták, Ondrej Pšenák, Matúš Furdík, Viktor Koutný          | 17 / 36 |
| 4.               | <b>Gymnázium Ľ. Štúra, 1. mája 2, Trenčín</b><br>Zuzana Pethő, Martin Kamendy, Kamil Filip Kučerík, Tomáš Lang                 | 16 / 36 |
| 5.               | <b>Gymnázium P. Horova, Masarykova 1, Michalovce</b><br>Ivana Sabolová, Martin Kolesár, Eduard Čukan, Sofia Ivanová            | 16 / 36 |

| KATEGÓRIA SENIOR |                                                                                                                                             |         |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1.               | <b>Gymnázium V. B. Nedožerského, Matice slovenskej 16, Prievidza</b><br>Hugo Letavay, Samuel Dudek, Martin Veselý, Dávid Filo               | 31 / 36 |
| 2.               | <b>Gymnázium, Poštová 9, Košice-Staré Mesto</b><br>Lívia Sušková, Matej Kočík, Samuel Jenník, Timon Michael Valanský                        | 25 / 36 |
| 3.               | <b>Gymnázium sv. Andreja, Námestie A. Hlinku 5, Ružomberok</b><br>Daniel Šablatúra, Jakub Škapec, Tymofii Chernetchenko, Karolína Bajačková | 19 / 36 |
| 4.               | <b>Gymnázium, Grösslingová 18, Bratislava-Staré Mesto</b><br>Richard Viskup, Jakub Hýbal, Saša Rybaničová, Matúš Berek                      | 19 / 36 |
| 5.               | <b>Gymnázium, Golianova 68, Nitra</b><br>Viliam Földveši, Natália Koperová, Tomáš Matejov, Ema Vlnková                                      | 17 / 36 |



Pri riešení niektorých úloh sa študenti poriadne zapotili.



Nie vždy sa podarilo úlohu vyriešiť na prvýkrát, no šikovní študenti sa aj tak nevzdali.





Prednáška Ing. Pavla Máječka, PhD. pre učiteľov



Periodická tabuľka chemických prvkov na PriF UK

Touto cestou ďakujeme každému, kto sa akýmkoľvek spôsobom podieľal na tejto akcii. Šírením nadobudnutých vedomostí a vytváraním podporných aktivít pre mladých chemikov a chemičky budujeme integritu chemickej spoločnosti a nové priateľstvá. Okrem samotných súťažiach sa pri poriadaní takejto akcie pocvičili aj budúci pedagógovia – tak pri tvorbe úloh, ako aj pri organizácii samotnej súťaže.

Chemický náboj by neprebehol bez finančnej pomoci PriF UK a technickej pomoci občianskeho združenia Trojsten.

Všetkým zúčastneným súťažiacim gratulujeme a veríme, že sa v rovnakom počte stretneme opäť o rok. Viac informácií o Chemickom náboji nájdete na stránke [www.chemistry.naboj.org](http://www.chemistry.naboj.org). •

### Súťaže mladých

## Mladé talenty v chémii: úspech Karolíny Kolárikovej na celoštátnom kole SOČ

Text: L. Švorc

Kontakt: [lubomir.svorc@stuba.sk](mailto:lubomir.svorc@stuba.sk)

Významný úspech dosiahla stredoškôľka Karolína Koláriková zo Spojenej školy Tilgnerova v Bratislave, keď získala 1. miesto v odbore Chémia a potravinárstvo na 48. ročníku celoštátnej prehliadky Stredoškolskej odbornej činnosti (SOČ), ktorá sa uskutočnila v dňoch 27. – 29. apríla 2026 v Piešťanoch.

Ocenená práca vznikla na Ústave analytickej chémie Fakulty chemickej a potravinárskej technológie STU v Bratislave. Bola zameraná na využitie moderných elektroanalytických metód na stanovenie amlodipínu, liečiva používaného na liečbu vysokého krvného tlaku, v jednej kvapke vzorky. Projekt zároveň poukázal na možnosti elektrochemických senzorov pri vývoji jednoduchých, rýchlych a citlivých analytických metód s potenciálom využitia vo farmaceutickej a klinickej chémii.

Úspechu na celoštátnom kole predchádzalo víťazstvo v školskom a krajskom kole SOČ. Karolína počas celej súťaže preukázala nielen výborné odborné vedomosti, ale aj schopnosť samostatne prezentovať a obhájiť výsledky svojej práce pred odbornou porotou. Za dosiahnuté výsledky získala nomináciu na medzinárodnú prehliadku SOČ v Českej republike, kde reprezentovala Slovensko. Účast na tomto podujatí jej umožnila porovnať si svoje vedomosti a výsledky s najlepšími stredoškolskými projektmi a získať ďalšie cenné skúsenosti pre budúce štúdium a odborný rast.

Úspech Karolíny Kolárikovej je krásnym príkladom toho, že kvalitná práca, zvedavosť a odhodlanie prinášajú výsledky už na stredoškolskej úrovni. Zároveň potvrdzuje, aký veľký význam má spolupráca medzi strednými školami a univerzitným prostredím.

Podpora mladých chemikov patrí dlhodobo medzi priority Slovenskej chemickej spoločnosti. Práve príbehy študentov, akým je aj Karolína, ukazujú, že investovať čas a energiu do práce s mladými talentmi má zmysel. Nikdy totiž nevieme, ktorý zo súčasných stredoškôľakov sa o pár rokov stane úspešným vedcom, pedagógom alebo osobnosťou slovenskej chémie. O to viac nás teší každý úspech mladých ľudí, ktorí sa rozhodli venovať vede svoj čas a energiu. •



Karolína Koláriková po prevzatí ocenenia za 1. miesto v odbore Chémia a potravinárstvo na celoštátnom kole SOČ 2026 v Piešťanoch

# Odporúčania a Technické správy IUPAC, ktoré vyšli v PAC v druhom polroku 2025 a v prvom polroku 2026

Text: R. Oriňáková, M. Drábik  
Kontakt: [renata.orinakova@upjs.sk](mailto:renata.orinakova@upjs.sk)

- **Definitions and preferred symbols for mass diffusion coefficients in multicomponent fluid mixtures including electrolytes (IUPAC Technical Report)**, Tobias Klein, Chathura J. Kankanamge, Thomas M. Koller, Michael H. Rausch, Andreas P. Fröba, Marc J. Assael, William A. Wakeham, Gabriela Guevara-Carrion, Jadran Vrabec, *Pure and Applied Chemistry*, vol. 97, no. 7, 2025, pp. 689-713; <https://doi.org/10.1515/pac-2024-0251>
- **IUPAC/CITAC guide: interlaboratory comparison of categorical characteristics of a substance, material, or object (IUPAC Technical Report)**, Ilya Kuselman, Tamar Gadrich, Francesca R. Pennecchi, D. Brynn Hibbert, Anastasia A. Semenova, Angelique Botha, *Pure and Applied Chemistry*, vol. 97, no. 7, 2025, pp. 715-750; <https://doi.org/10.1515/pac-2025-0408>
- **Acid dissociation constants in selected dipolar non-hydrogen-bond-donor solvents (IUPAC Technical Report)**, Ivo Leito, Ivari Kaljurand, Mare Piirsalu, Sofja Tshepelevitsh, Jonathan Wenyan Zheng, Martí Rosés, Jean-François Gal, *Pure and Applied Chemistry*, vol. 97, no. 9, 2025, pp. 973-998; <https://doi.org/10.1515/pac-2024-0276>
- **Experimental methods and data evaluation procedures for the determination of radical copolymerization reactivity ratios from composition data (IUPAC Recommendations 2025)**, Anton A. Autzen, Sabine Beuermann, Marco Drache, Christopher M. Fellows, Simon Harrison, Alex M. Van Herk, Robin A. Hutchinson, Atsushi Kajiwar, Daniel J. Keddie, Bert Klumperman, Gregory T. Russell, *Pure and Applied Chemistry*, vol. 97, no. 11, 2025, pp. 1455-1463; <https://doi.org/10.1515/pac-2024-0235>
- **Kinetic parameters for thermal decomposition of commercially available dialkyldiazenes (IUPAC Technical Report)**, Graeme Moad, Sabine Beuermann, Michael Buback, Klaus-Dieter Hungenberg, Atsushi Kajiwar, Gregory T. Russell, Ernest B. Wysong, *Pure and Applied Chemistry*, vol. 97, no. 11, 2025, pp. 1465-1478; <https://doi.org/10.1515/pac-2024-0252>
- **A brief guide to polymer terminology (IUPAC Technical Report)**, Roger C. Hiorns, Jiří Vohlídal, Ray Boucher, Chin H. Chan, Christopher M. Fellows, Michael Hess, Richard G. Jones, Pavel Kratochvíl, Christine K. Luscombe, John B. Matson, Graeme Moad, Olga E. Philippova, Stan Slomkowski, Natalie Stingelin, Patrick Théato, Jean-Pierre Vairon, Michel Vert, *Pure and Applied Chemistry*, vol. 98, no. 1, 2026, pp. 1-8; <https://doi.org/10.1515/pac-2023-0304>
- **Flow-through analytical systems and microsystems with electrochemical detection for monitoring of biologically active species (IUPAC Technical Report)**, Ján Labuda, Craig E. Banks, Jiří Barek, Alberto Escarpa, Annemieke Farenhorst, Jiří Kudr, Frank-Michael Matysik, Arben Merkoçi, Lubomír Švorc, Joseph Wang, Ondřej Zítka, *Pure and Applied Chemistry*, vol. 98, no. 3, 2026, pp. 329-365; <https://doi.org/10.1515/pac-2025-0514>
- **The role of mega ports in climate change (IUPAC Technical Report)**, Fani Sakellariadou, Chris F. Wooldridge, Dimitra Kitsiou, Martí Puig, Kareem Mahmoud Tonbol, Nikitas Nikitakos, Ida-Maja Hassellöv, Mohamed Elbawab, *Pure and Applied Chemistry*, vol. 98, no. 5, 2026, pp. 791-826; <https://doi.org/10.1515/pac-2024-0246> •

## FCHPT STU

## Dvadsaťtri rokov Emeritus klubu FCHPT STU

Text: D. Bakoš, V. Milata, M. Uher  
Kontakt: [viktor.milata@stuba.sk](mailto:viktor.milata@stuba.sk)

Pred 23 rokmi, 29. mája 2003 v Slovenskej chemickej knižnici na FCHPT STU bol založený klub seniorov „Emeritus klub“:

Na slávnostnom stretnutí Emeritus klubu FCHPT 21. mája 2026 predseda klubu prof. Ing. Michal Uher, DrSc. zhodnotil doterajšiu činnosť v niekoľkých bodoch:

- Zorganizovali sme 4 konferencie na tému: „Tradícia vedeckej školy na FCHPT“, ktorých zámerom bolo využiť ochotu emeritných profesorov oboznámiť najmä doktorandov s niektorými významnými vedeckými školami z rôznych oblastí vedeckej práce na fakulte.
- Pestrá bola edičná činnosť klubu: za 20 rokov existencie klubu bolo vydaných 63 brožúrok o osobnostiach – profesoroch pôsobiach na fakulte
- V rokoch 2010 – 2021 bolo vydaných 16 monografií (3950 strán) „Chemický priemysel v zrkadle dejín Slovenska“.

- Ďalej v spolupráci so Slovenskou chemickou spoločnosťou členovia klubu pripravili do tlače a vydali brožúrky o profesoroch Markovi, Tomkovi, Stankovianskom, Bellušovi a Ruprechtovi – významnej osobnosti 18. storočia.
- Z ďalších aktivít spomenieme: pravidelné informácie dekana fakulty o dianí na fakulte, oslavy okrúhlych výročí členov, prezentácie vydaných brožúr pri výročiach profesorov a pod.

O všetkých stretnutiach a aktivitách sa vedie zápis v kronike klubu (už 2 zväzky).

A smutná správa nakoniec – podľa zápisu v kronike nás v priebehu 20 rokov opustilo 35 členov, profesorov klubu.

Na záver si členovia klubu pripili pohárom vína so želaním veľa zdravia do ďalšej činnosti nášho klubu. •



# Vybrané informácie z výročného zasadnutia a Odborného seminára Slovenského národného komitétu IUPAC (SNK IUPAC)

Text: R. Oriňaková, M. Drábik  
Kontakt: [renata.orinakova@upjs.sk](mailto:renata.orinakova@upjs.sk)

**Z**asadnutie a odborný seminár sa konali spoločne 10. 06. 2026 od 13.00 na sekretariáte SChemS. Program a zápisnicu nájdú záujemcovia na webe SChemS v sekcii „IUPAC“. Poniže je stručný výber kľúčových informácií z priebehu zasadnutia aj odborného seminára.

- **Vedecká rada IUPAC – nový orgán IUPAC:** I. Lacík – volený člen vedeckej rady IUPAC, informoval o aktivitách vedeckej rady IUPAC, predovšetkým o návrhu novej organizačnej štruktúry IUPAC (IUPAC Structural Considerations) pre naplnenie vedeckých priorít IUPAC v súčasnom meniacom sa svete (IUPAC 2025 Strategic Plan and Priorities). Návrh smeruje k tomu, aby sa IUPAC transformovala z organizácie založenej prevažne na činnosti odborných divízií na projektovo orientovanú organizáciu, v ktorej budú odborné divízie poskytovať expertízu, zatiaľ čo hlavnými nástrojmi realizácie budú strategické oblasti a interdisciplinárne projekty reagujúce na aktuálne globálne výzvy.



INTERNATIONAL UNION OF  
PURE AND APPLIED CHEMISTRY

- **Gold Book IUPAC:** Súčasný stav – [The IUPAC Compendium of Chemical Terminology](#). Príprava reedície je jednou z aktuálne najkľúčovších aktivít IUPAC. Táto prebieha v niekoľkých krokoch: *IUPAC Odporúčania od r. 2007* -> *IUPAC GoB projekty* -> *IUPAC divízie* -> *Joint Subcommittee on the IUPAC Gold Book* -> *IUPAC ICTNS* -> *zaradenie nových a redefinovaných pojmov do GoB*. V súčasnosti je kompendium dopĺňané pojmami a ich definíciami z aktuálne publikovaných IUPAC Odporúčaní. Informácie stručne podal M. Drábik.
- **Nominácie SNK IUPAC na obdobie 2026-2027:** Popri renomáciách SNK IUPAC navrhol ďalších dvoch kolegov do divízií a komisií IUPAC, a to: RNDr. Matej Baláž, DrSc., Ústav geotechniky SAV, Košice – Divízia II IUPAC (Anorganická chémia) a Doc. Ing. Jozef Švorec, PhD., Odd. anorganickej chémie FCHPT STU, Bratislava – CCE IUPAC (Komisia pre výučbu chémie). Návrhy boli schválené per rollam v období 27.10 až 10.11.2024. Voľby na obdobie 2026-2027 prebehli počas Valného zhromaždenia IUPAC v júli 2025. Aktuálne zastúpenie je v tabuľke vedľa.

Členovia SNK IUPAC aktívne a komplexne prispievajú k práci SChemS a prepájajú slovenskú chemickú komunitu s medzinárodným prostredím IUPAC. Prinášame vám najnovšie informácie a dokumenty, ale zároveň tlmočíme vaše cenné podnety priamo príslušným orgánom IUPAC. Táto dynamická obojsmerná komunikácia tvorí pilier našej dlhodobej a plodnej spolupráce so SChemS. Naša IUPAC sekcia na webe SChemS je neustále aktualizovaná, aby ste mali vždy prístup

| Meno             | Divízia/Komisia                                                    | Status          | Obdobie   |
|------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|
| Renáta Oriňaková | div. I – Physical and Biophysical Chemistry                        | TM              | 2024-2027 |
| Matej Baláž      | Div. II – Inorganic Chemistry                                      | NR              | 2026-2027 |
| Igor Lacík       | div. IV – Polymer                                                  | President       | 2024-2027 |
|                  | Science Board                                                      | Elected Member  | 2024-2027 |
| Ján Labuda       | div. V – Analytical Chemistry                                      | Emeritus Fellow |           |
| Ľubomír Švorc    | div. VII – Chemistry and Human Health                              | TM              | 2026-2027 |
| Milan Drábik     | Interdivisional Committee on Terminology, Nomenclature and Symbols | TM              | 2022-2025 |
| Jozef Švorec     | Committee on Chemistry Education                                   | NR              | 2026-2027 |

k relevantným informáciám. Či už prostredníctvom ChemZi alebo osobným zdieľaním, zabezpečujeme efektívne odovzdávanie a spracovanie podnetov z celosvetových divízií a komisií IUPAC, komunikujeme potreby a nápady slovenských chemikov smerom k IUPAC. ●

# Zelená analytická chémia a analýza intaktných proteínov: pokroky a výzvy

Text: K. Maráková  
Kontakt: marakova@fpharm.uniba.sk

**Z**elená analytická chémia (Green Analytical Chemistry, GAC) (1) nadväzuje na širšiu filozofiu zelenej chémie (2) a prenáša ju do analytického pracovného postupu. GAC sa z pôvodne okrajového konceptu vyvinula na základnú požiadavku modernej laboratórnej praxe. Pod vplyvom regulačných požiadaviek a rastúceho environmentálneho povedomia sa od analytických chemikov čoraz viac očakáva vývoj metód, ktoré sú nielen citlivé a robustné, ale aj udržateľné. Jej ciele sú jasné: znižovať používanie nebezpečných chemikálií, minimalizovať tvorbu odpadu, znižovať spotrebu energie a zlepšovať celkovú udržateľnosť pri zachovaní analytickej výkonnosti.

Analýza intaktných proteínov v komplexných biologických matrikách predstavuje pre GAC osobitnú výzvu vzhľadom na náročné pracovné postupy a zložitú viacstupňovú prípravu vzoriek. Proteomické pracovné postupy bežne spotrebúvajú veľké objemy organických rozpúšťadiel, produkujú značné množstvo plastového odpadu a sú závislé od energeticky náročných prístrojov. Uplatňovanie zelených princípov pri analýze proteínov však zďaleka nie je jednoduché. Proteíny v biologických matrikách patria medzi najnáročnejšie analytické ciele. Na rozdiel od malých molekúl sú intaktné proteíny náchylné na adsorpciu a vyskytujú sa v širokom dynamickom rozsahu koncentrácií. Biologické vzorky, ako sú plazma, sérum alebo suché kvapky krvi, prinášajú ďalšiu komplexnosť v dôsledku vysokého obsahu solí, lipidov a vysoko zastúpených interferujúcich proteínov.

Z pohľadu GAC vzniká niekoľko problémov:

**1. Príprava vzorky je často najmenej zeleným krokom.**  
Proteínové pracovné postupy si zvyčajne vyžadujú precipitáciu, odsoľovanie, obohacovanie alebo imunoafinitné kroky. Tieto postupy často využívajú veľké objemy organických rozpúšťadiel – najčastejšie acetonitril (ACN) – alebo chaotropných činidiel, ktorých likvidácia či recyklácia je problematická.

**2. Požiadavky na citlivosť zvyšujú komplexnosť.**  
Dosiadnutie detekčných limitov na úrovni klinických požiadaviek si často vyžaduje energeticky náročné zakoncentrovanie.

**3. Problémy s kompatibilitou.**  
Nahradenie rozpúšťadiel zelenšími alternatívami nie je vždy priamočiare. Proteíny môžu v závislosti od zloženia rozpúšťadla denaturovať, agregovať alebo sa odlišne adsorbovať.

**4. Prístrojové nároky.**  
Vysokorozlišovacia hmotnostná spektrometria, často potrebná na charakterizáciu intaktných proteínov, má významnú energetickú stopu, ktorá môže znižovať prínosy dosiahnuté v iných častiach pracovného postupu.

V dôsledku týchto faktorov zostávajú vedecké publikácie venované skutočne zeleným pracovným postupom pre analýzu intaktných proteínov prekvapivo obmedzené.

## Kapilárna elektroforéza verzus kvapalinová chromatografia

Dôležitým faktorom ovplyvňujúcim udržateľnosť analytických pracovných postupov je výber separačnej techniky. Z pohľadu GAC ponúka kapilárna elektroforéza (CE) v porovnaní s kvapalinovou chroma-

tografiou (LC) výhodu z hľadiska udržateľnosti. Aj metódy nano-LC vyžadujú kontinuálny tok mobilnej fázy, čo vedie k významnej kumulatívnej spotrebe organických rozpúšťadiel a tvorbe nebezpečného odpadu. Naproti tomu CE zvyčajne pracuje iba s nanolitrovými až mikrolitrovými objemami základných elektrolytov. Tieto elektrolyty sú prevažne vodné, čo výrazne znižuje náklady na likvidáciu odpadu.

Okrem zníženia spotreby rozpúšťadiel CE eliminuje aj environmentálnu záťaž spojenú s výrobou a likvidáciou silikagelových stacionárnych fáz používaných v LC kolónach. Kratšie časy ekvibrácie a regenerácie kapiláry v porovnaní s LC navyše zvyšujú celkovú energetickú efektívnosť. Naše porovnávacie hodnotenia pomocou metrík AGREE (3) a AGREEprep (4) konzistentne uprednostňujú CE pred tradičnou LC pri analýze intaktných proteínov (5).

Hoci CE vyniká v znižovaní spotreby rozpúšťadiel a produkcie odpadu, jej celková „zelenosť“ je pri spojení s konvenčnou MS čiastočne limitovaná, keďže spotreba energie hmotnostného spektrometra často dominuje celkovej environmentálnej stope. Ide o dôležitú skutočnosť: samotný prechod z LC na CE automaticky neznamená vznik „zelenej“ analytickej metódy. Najväčší potenciál na zlepšenie spočíva v miniaturizovanej CE-MS.

## Nahradenie acetonitrilu v mikroelučnej SPE

Nahradenie nebezpečných rozpúšťadiel zelenšími alternatívami zostáva jednou z najpraktickejších a najúčinnějších stratégií v rámci GAC (6). ACN napriek svojej známej toxicite a problémom spojeným s jeho likvidáciou zostáva zlatým štandardom v mnohých proteomických pracovných postupoch. Naš nedávny výskum sa zamerával na otázku, či by zelenšie alternatívy – ako etanol, izopropylalkohol, acetón alebo organické karbonáty – mohli účinne nahradiť ACN v mikroelučnej extrakcii na tuhej fáze ( $\mu$ SPE) (7).

V našej práci sme zistili, že (i) použitie etanolu pri predúprave aj elúcii v  $\mu$ SPE zachovalo spoľahlivú výťažnosť proteínov a tvar pík, (ii) pracovný postup vykazoval bezproblémovú kompatibilitu s následnou CE, (iii) substitúcia si vyžadovala len minimálne zmeny v analytickom protokole, čím sa znížila bariéra pre rutinné zavedenie.

Odlišná polarita etanolu si však vyžaduje dôkladnú reoptimalizáciu metódy. Validácia metódy zostáva pri prechode na zelenšie činidlá nevyhnutná.

## Miniaturizácia a on-line predúpravné prístupy

Ak zo súčasného výskumu vyplýva jeden jasný trend, je to tento: miniaturizácia je kľúčová pre budúcnosť zelenej proteomiky. Miniaturizácia však prináša aj vlastné technické výzvy, najmä pokiaľ ide o adsorpciu proteínov, robustnosť a reprodukovateľnosť metódy. Tieto problémy čiastočne vysvetľujú, prečo je jej širšie zavádzanie pomalšie, než sa očakávalo.

Ďalšou nedostatočne využívanou stratégiou je integrácia prípravy vzorky priamo v rámci analytického pracovného postupu. On-line a in-line prístupy – ako in-kapilárna SPE, techniky zakoncentrovania alebo automatizovaná mikroextrakcia – ponúkajú cestu k nižšej spotrebe rozpúšťadiel a plastov a zároveň k lepšej reprodukovateľnosti (5). Pri analýze intaktných proteínov sú tieto prístupy mimoriadne atraktívne, pretože zároveň pomáhajú minimalizovať manipuláciu s proteínmi a straty spôsobené adsorpciou. Vývoj metód však môže byť technicky náročný a štandardizované protokoly sú stále zriedkavé.



## Záver a budúce smerovanie

Pri pohľade do budúcnosti by ďalší rozvoj zelenšej proteomiky mal viesť k niekoľkým prioritám. Nevyhnutný je pokračujúci vývoj extrakčných techník s minimalizovanou spotrebou rozpúšťadiel, keďže príprava vzorky stále predstavuje najväčšiu príležitosť na zlepšenie environmentálneho profilu proteomických pracovných postupov. Zároveň by sa mala podporovať širšia adopcia a ďalšie zdokonaľovanie metód založených na CE, najmä v aplikáciách, kde môžu účinne nahradiť LC postupy bez kompromisov v analytickej výkonnosti metód. Miniaturizované a plne integrované platformy CE-MS sa takisto javia ako jedny z najslubnejších smerov s vysokým dopadom a zaslúžia si cieľené výskumné úsilie. Rovnako dôležité je rutinné používanie nástrojov na hodnotenie zelenosti počas vývoja metódy; tieto hodnotenia by mali byť súčasťou návrhu už v počiatočných fázach, a nie aplikované dodatočne. Napokon, trvalý pokrok bude vo veľkej miere závisieť od vzdelávania a odbornej prípravy, aby bola ďalšia generácia analytických chemikov pripravená navrhovať, optimalizovať a validovať zelené pracovné postupy.

Hoci špičková proteomika sa nestane úplne „zelenou“ zo dňa na deň, rozširovanie nástrojov zelenej analytickej chémie robí udržateľnú analýzu intaktných proteínov nielen možnou, ale aj čoraz atraktívnejšou pre moderné laboratória.

## Podakovanie:

Financované projektom VEGA 1/0525/25 a Európskou úniou NextGenerationEU prostredníctvom Plánu obnovy a odolnosti Slovenskej republiky v rámci projektu č. 09I03-03-V04-00192. ●

## Literatúra

1. A. Gałuszka, Z. Migaszewski, and J. Namieśnik, *TrAC - Trends in Analytical Chemistry* **50**, 78–84 (2013).
2. P. Anastas and N. Eghbali, *Chem. Soc. Rev.* **39**(1), 301–312 (2010).
3. F. Pena-Pereira, W. Wojnowski, and M. Tobiszewski, *Anal. Chem.* **92**(14), 10076–10082 (2020).
4. W. Wojnowski, M. Tobiszewski, F. Pena-Pereira, and E. Psillakis, *TrAC - Trends in Analytical Chemistry* **149**, 116553 (2022).
5. K. Marakova, R. Tomasovsky, M. Opetova, and K. A. Schug, *TrAC - Trends in Analytical Chemistry* **171**(December 2023), 117490 (2024).
6. K. Maráková, *J. Sep. Sci.* **47**(19) (2024).
7. M. Opetová, R. Tomašovsky, and K. Maráková, *Advances in Sample Preparation* **13**(February) (2025).

## Nové knihy



# Stanislav Rádl: LÉČIVA – Mýty a skutečnost

Text: V. Milata

Kontakt: viktor.milata@stuba.sk

Doc. Ing. Stanislav Rádl, CSc. (nar. 1951) je významný český organický chemik, vedec a publicista, ktorý zasvätil svoju kariéru farmakochémii, vývoju liečiv a syntéze generických a originálnych preparátov. Vyštudoval organickú chémiu na VŠCHT v Prahe, kde aj v roku 2010 úspešne habilitoval a dodnes prednáša odbor Farmakochémia. Väčšinu kariéry však pracoval vo Výskumnom ústave pre farmáciu a biochémiu v Prahe, ktorý bol neskôr začlenený do štruktúry firmy Zentiva. Od roku 2017 je tam odborným konzultantom. V rokoch 1992–1993 pôsobil ako visiting scientist v Hoffmann-La Roche v USA.

Je autorom a spoluautorom viac ako 120 pôvodných vedeckých a prehľadových článkov, vysokoškolskej učebnice (Farmakochemie s F. Hamplom a J. Palečkom) a niekoľkých populárno-náučných kníh, ako napr. *Příběhy spojené s objevy nových léčiv I* (2023) a *Příběhy spojené s objevy nových léčiv II* (2025) a *Léčiva – mýty a skutečnost* (2025).

Posledná menovaná publikácia vydavateľstva Grada je zameraná na uvádzanie častých poloprávdy a mýtov o liečivých látkach na pravú mieru. Publikácia má rozsah 160 strán a nezaťažuje čitateľa štruktúrnymi vzorcami liečiv, ale pre tých, ktorých vzorce zaujímajú, sa tu nachádzajú QR kódy s linkami na Wikipédiu, kde sú vzorce a ďalšie podrobnosti k dispozícii aj so základnými literárnymi zdrojmi. Dielo nie je koncipované ako encyklopédia liečiv, ale ako ilustrácia životného cyklu liečiva. Toto dokumentuje výpočet názvov jednotlivých kapitol: *Léčiva podle původu*, *Legislativní aspekty*, *Životní cyklus léčiv*, *Výzkum a vývoj léčiv*, *Off-label užití*, *repurposing a Sosa přístup*, *Bioléčiva*, *Generická a biosimilární léčiva*, *Lékové formy*, *Další mýty o léčivech*, *Potravní a vitamínové doplňky*, *Léčiva, drogy a doping*, *Homeopatie*, *Očkování*, *Fágová terapie*, *Vybrané terapeutické skupiny*. Výpočet naznačuje dlhoročné skúsenosti autora v tejto širokej oblasti, dokladovanej mnohými príkladmi a logickými vysvetleniami. Toto vtiahne čitateľa do deja tak, že dielo prečíta na pár dúškov. Ak niekoho o tomto nepresvedčili názvy jednotlivých kapitol, pripájam pár podnetných otázok z obálky: Je kokain opravdu obsažen v nápoji Coca-Cola? Může antikoncepce „den poté“ zahubit oplodněné vajíčko? Měl být AIDS využit pro vyhlazení homosexuálů?

Nazdávam sa, že podobných diel z rôznych oblastí vedy by malo byť oveľa viac. Veď popularizujú vedu a vysvetľujú ľuďom pravdu o danej téme zdôvodnenú vedeckými faktami podanými populárnym spôsobom. V prípade tohto diela ide navyše o zdravie a teda toto zaujme mnoho širšiu skupinu čitateľov. Hovorí o tom záhlavie publikácie: *Průvodce světem léků, který objasňuje, co skutečně užíváme pro své zdraví*. ●

# Perspektívy elektrochemickej detekcie biologicky aktívnych látok v prietokových analytických systémoch

Text: J. Labuda a L. Švorc

Kontakt: jan.labuda@stuba.sk, lubomir.svorc@stuba.sk

**D**etekcia a monitorovanie biologicky aktívnych chemických zlúčenín má veľký význam pre rozhodovanie o ľudskom zdraví a expozícii životného prostredia. Súčasný trend smerujú k analýze v mieste poskytovania starostlivosti („point of care“, POC) a priamo v teréne pomocou udržateľných, ekologických, nízkonákladových a na prácu nenáročných zariadení. Analytické platformy a postupy v prietokových systémoch a mikrosystémoch, akými sú injekčná analýza, kvapalinová chromatografia, kapilárna elektroforéza, analýza využívajúca „lab-on-a-chip“ a podobné zariadenia predstavujú riešenia aj pre decentralizované vykonávanie analýz. Elektrochemická detekcia (ED) analytu technikami ampérometrie, voltampérometrie, potenciometrie, coulometrie, konduktometrie a vysokofrekvenčnej impedimetrie poskytuje metodické výhody pre rad organických zlúčenín a iónov kovov monitorovaných v zmysle požiadaviek legislatívy. Tejto problematike sa venoval projekt IUPAC riešený v širokom medzinárodnom kolektíve s našou účasťou a výsledkom je nedávno publikovaná technická správa [1].

Podľa IUPAC predstavuje prietoková analýza označenie pre analytické techniky založené na zavádzaní, spracovaní a detekcii kvapalíných vzoriek v tečúcich médiách [2]. Elektrochemické meranie, typicky vykonávané pomocou konvenčnej inštrumentácie, nahrádza mikroelektrolýzu v tenkovrstvovom médiu iba s niekoľkými mikrolitrami roztoku. Elektrochemické mikrofluidné platformy, jednoduché alebo kombinované s krokom predseparácie, tak prispievajú k riešeniu výziev monitorovania ekotoxických/genotoxických látok v reálnych vzorkách environmentálneho, potravinárskeho, farmaceutického, lekárskeho, diagnostického a iného pôvodu. Umožňujú miniaturizáciu analýzy, ktorá zahŕňa odber vzorky, jej predúpravu, separáciu a detekciu analytu v rámci jedného mikrozariadenia [3].

## Usporiadanie fluidných/mikrofluidných zariadení

Prietoková injekčná analýza (FIA) predstavuje systém pozostávajúci z rýchleho zavedenia malého objemu vzorky do turbulentne prúdiaceho inertného alebo reagujúceho nosného roztoku, online spracovania vzorky a detekcie analytu (v nederivatizovanej alebo chemicky derivatizovanej forme) [4]. Automatizácia systémov FIA zrýchľuje

analytické procesy a zvyšuje reprodukovateľnosť v porovnaní s manuálne vykonávanými krokmi. Nové techniky ako napríklad viacnásobovaná FIA, viacčerpacie prietokové systémy, elektronický jazyk a ďalšie majú aj nižšiu spotrebu činidiel a sú podporované výpočtovými a štatistickými nástrojmi. Sekvenčná injekčná analýza (SIA) je ďalšou generáciou FIA zameranou na viacportový ventil, čo umožňuje efektívnejšie operácie zahrňajúce chemické reakcie. Dávková injekčná analýza (BIA) spočíva v injekčnom vstrekaní malých alikvotných podielov vzorky (zvyčajne pomocou automatizovanej elektronickej pipety) priamo na povrch pracovnej elektródy / detektora.

Analýzy vzoriek so zložitými maticami vyžadujú vysokoúčinnú separáciu jednotlivých analytických druhov alebo separáciu zložiek matrice vzorky vysokoúčinnou kvapalinovou chromatografiou (HPLC), iónovou chromatografiou či kapilárnou elektroforézou (CE). Detekcia na výstupe separačného systému sa líši od stanovenia v jednotlivých separovaných frakciách. Miniaturizované verzie týchto techník riešia výzvy ako je vývoj technológií schopných zvládnuť extrémne nízke prietoky, zmenšenie rozmerov kolóny a minimalizácia dodatočných objemov kolóny. Varianty konceptu duálnej detekcie (DDC) sa v analytickej chémii stávajú čoraz populárnejšími. Využíva sa najmä kombinácia ampérometrického detektora a hmotnostného spektrometra (MS). Konceptia elektrochemicky asistovanej injekcie v spojení s CE a MS je dobrým kandidátom na komerčné použitie a priemyselné aplikácie.

Laboratórium na čipe (LOC) predstavuje minilaboratórium o veľkosti mince, kde je možné realizovať miešanie, riedenie, separáciu a detekciu. Technika CE na mikročipoch predstavuje ďalšiu generáciu miniaturizovaných zariadení na separáciu v komplexných maticiach vzoriek. Systém lab-on-valve je alternatívou LOC a užitočnou platformou pre úlohy v mezofluidickej manipulácii. Lab-on-a-disk predstavuje jedinečnú mikrofluidnú platformu, ktorá využíva odstredivú silu na čerpanie kvapalín s perspektívou ľahkej a spoľahlivej diagnostiky POC. Pre účely POC sa rozvíjajú tiež mikrofluidické analytické zariadenia na báze papiera využívajúce pasívnu kapilárnu silu pre kapilárny tok v sieti pórov papiera namiesto aktívnych externých zdrojov energie. Prietokové miniaturizované zariadenia s integrovanou elektrochemickou detekciou využívajú možnosti technológie 3D tlačie na výrobu mikrofluidných kanálov schopných zvládnuť veľmi malé objemy kvapalín a vytvárať integrované elektródy.

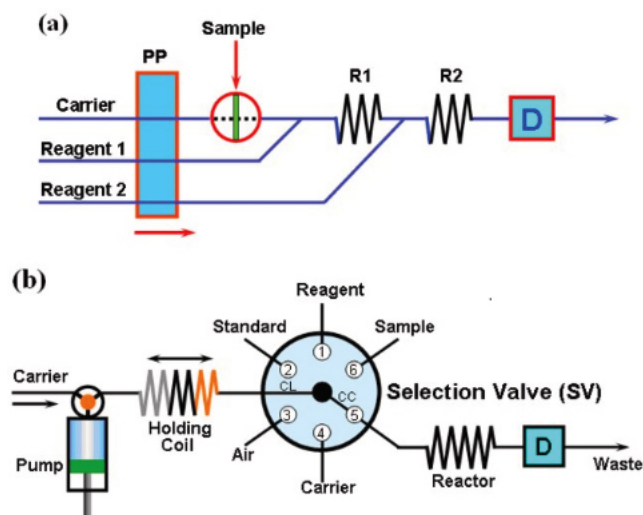


Schéma usporiadania technik (a) FIA a (b) SIA (podľa [1]).

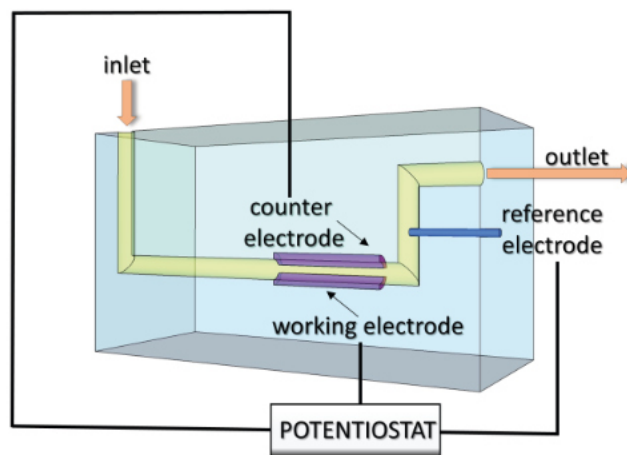


Schéma elektrochemickej prietokovej nádoby (podľa [1])



## Aplikácie pre biologicky aktívne látky a komercializácia

V súčasnosti sú početnými výskumnými publikáciami pokryté oblasti biomedicínskej analýzy a zdravotníckych aplikácií s chorobami monitorovanými POC, tiež analýzy znečistenia vody, analýzy potravín a forenzej analýzy [1]. Zariadenia pre HPLC a CE s elektrochemickou detekciou (často v spojení s MS) sú komerčne široko dostupné, podobne ako elektroanalytické prietokové články s interdigitovanými (mikro)elektrodami. Spojenie mikrofluidickej techniky, chromatografickej či elektroforetickej separácie a elektrochemickej detekcie synergicky kombinuje vlastnosti týchto techník a vedie ku komerčným produktom, a to aj vďaka ďalšiemu pokroku v automatizačných technológiách a integrácii zariadení so smartfónmi (Bluetooth a iné). ●

## Literatúra

- [1] J. Labuda, C.E. Banks, J. Barek, A. Escarpa, A. Farenhorst, J. Kudr, F.-M. Matysik, A. Merkoçi, L. Švorc, J. Wang, O. Zítka, *Pure Appl. Chem.* **98**, 329–365 (2026). <https://doi.org/10.1515/pac-2025-0514>.
- [2] K. Tóth, K. Štulík, W. Kutner, Z. Fehér, E. Lindner. *Pure Appl. Chem.* **76**, 1119 (2004). <https://doi.org/10.1351/pac200476061119>.
- [3] S. Aralekallu, R. Boddula, V. Singh. *Mater. Des.* **225**, 111517 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2022.111517>.
- [4] Chapter 3 Extraction for sample preparation, term 3.195. *Compendium of Terminology in Analytical Chemistry*, 4th edn. (Ed. D. B. Hibbert), ISBN (print): 978-1-78262-947-4, Royal Society of Chemistry, 2023. <https://doi.org/10.1039/9781788012881>.

### Ocenenia vo vede

# Predseda Slovenskej chemickej spoločnosti finalistom Krištáľového krídla 2025

Text: E. Viglašová

Kontakt: [eva.viglasova@uniba.sk](mailto:eva.viglasova@uniba.sk)



Profesor Ľubomír Švorc, predseda Slovenskej chemickej spoločnosti a profesor analytickej chémie na Fakulte chemickej a potravinárskej technológie STU v Bratislave, bol nominovaný na prestížne ocenenie Krištáľové krídlo 2025 v kategórii Medicína a veda. Spomedzi viac ako 340 nominácií od verejnosti ho odborná porota zaradila medzi troch finalistov tejto kategórie.

Nominácia predstavuje významné uznanie jeho dlhoročnej vedeckej, pedagogickej a popularizačnej práce v oblasti analytickej chémie. Ľubo Švorc sa vo svojom výskume venuje najmä vývoju moderných elektrochemických senzorov a elektroanalytických metód určených na citlivé stanovenie biologicky aktívnych látok, liečiv a environmentálnych kontaminantov. Výsledky jeho práce nachádzajú uplatnenie v medicíne, farmácii, potravinárstve aj environmentálnom monitoringu a dlhodobo prispievajú k rozvoju modernej analytickej chémie na Slovensku. Za nomináciou stál Ing. Ivan Kašpárek, jeden z jeho



najlepších priateľov a dlhoročný podporovateľ jeho vedeckej práce, ktorý ho nominoval práve v kategórii Medicína a veda. Sám Ľubo vníma účasť medzi finalistami predovšetkým ako ocenenie práce celého tímu študentov, doktorandov a mladých výskumníkov, s ktorými mal počas svojej akademickej kariéry možnosť spolupracovať.

Slávnostný galavečer Krištáľové krídlo sa uskutočnil 21. marca 2026 v Slovenskom národnom divadle v Bratislave pod záštitou prezidenta Slovenskej republiky. Už samotná nominácia medzi troch finalistov predstavuje významné uznanie nielen pre profesora Švorca, ale aj pre slovenskú analytickú chémiu a celú chemickú komunitu na Slovensku.

Nominácia profesora Ľubomíra Švorca na Krištáľové krídlo zároveň potvrdzuje, že slovenská chémia má svoje pevné miesto nielen vo vedeckom prostredí, ale získava čoraz väčšie uznanie aj v očiach širokej verejnosti. ●

# Perovskity - sľubné materiály pre fotovoltaiku

Text: D. Sarvaš  
Kontakt: sarvas6@uniba.sk

Vzhľadom na ekologické problémy a hrozby spojené s používaním neobnoviteľných zdrojov energie, ktorým čelí ľudstvo a naša planéta v posledných desaťročiach, je efektívna premena solárnej energie na elektrickú značne diskutovanou témou. To dokazuje aj jej aktuálnosť. Konverzia energie v solárnych článkoch je založená na vnútornom fotoelektrickom jave. Slné žiarenie dopadajúce na povrch solárneho článku excituje elektróny z valenčného do vodivostného pásu polovodiča, za vzniku voľných nosičov náboja – elektrónov a dier. Ich pohyb v polovodičovej štruktúre podmieňuje vznik elektrického prúdu. Konvenčne používané polovodičové fotovoltaické materiály, ako napríklad kremík, sú limitované absorpciou užšieho spektrálneho rozsahu viditeľného svetla, čím dosahujú účinnosť konverzie približne 24 %, čo je vzhľadom na rastúci dopyt ľudstva po energii nepostačujúce. Maximálna efektivita kremikového solárneho článku je limitovaná tzv. Shockleyho-Queisserovým limitom 33,7 %.<sup>1</sup> Preto sa hľadajú vhodnejšie fotovoltaické materiály, ktoré by umožnili efektívnejšiu konverziu energie bez značnej disipácie vo forme tepla do okolia. V súčasnej dobe sa pozornosť v tomto smere upriamuje na perovskity, ktoré sú sľubnými kandidátmi pre riešenie tohto problému.

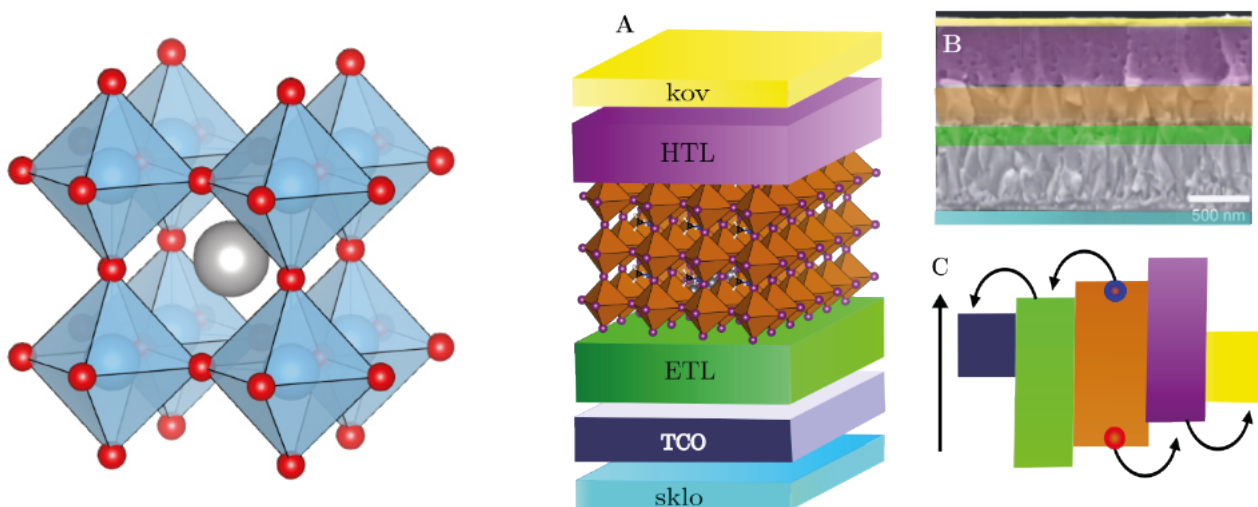
## Štruktúra a optoelektronické vlastnosti fotovoltaických perovskitov

Fotovoltaické perovskity sú kryštalické materiály so všeobecným chemickým vzorcom  $ABX_3$ , kde A je anorganický alebo organický jednomocný kation ako  $Cs^+$ ,  $CH_3NH_3^+$ ,  $CH(NH_2)_2^+$  (metylamónium =  $MA^+$ , formamidinium =  $FA^+$ ), B je dvojmocný kovový kation ( $Pb^{2+}$ ,  $Sn^{2+}$ ) a X je halogenidový anión ( $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ).<sup>2</sup> Na Obr. 1 je zobrazená idealizovaná kryštalová štruktúra fotovoltaického perovskitu. Dvojmocný kation sa koordinačne viaže s halogenidovými aniónmi za vzniku komplexných aniónov oktaedrickej symetrie. Každý z týchto oktaédrov sa spája s ďalšími šiestimi oktaédrami do trojrozmernej štruktúry. Vo vnútri vzniknutých dutín je elektrostaticky viazaný jednomocný kation, čím sa zaručí celková elektroneutralita štruktúry.<sup>3</sup> Fotovoltaické perovskity vykazujú množstvo vynikajúcich optoelektronických vlastností ako

napríklad vysoký absorpčný koeficient, široký rozsah absorpcie vo viditeľnej oblasti, mimoriadne veľká difúzna dĺžka, nízka excitónová energia, možná modifikácia šírky zakázaného pásu.<sup>4</sup> Na rozdiel od kremíka a kremikových solárnych článkov je ich príprava energeticky a finančne nenáročná, s možnosťou ladenia ich optoelektronických vlastností. Práve tie určujú použitie perovskitov v ich fotovoltaických aplikáciách. V roku 2009 T. Miyasaka a kol. prvýkrát využili perovskity ako ko-absorbéry svetla vo farbivom senzitizedovanom solárnom článku, ktorého účinnosť bola iba 3,8 %. Okrem toho solárny článok vykazoval veľmi malú stabilitu a veľmi rýchlo degradoval.<sup>5</sup> Snaith a kol. v roku 2012 použili perovskity ako samostatnú absorbujúcu vrstvu, čím sa dosiahlo podstatné zlepšenie celkovej stability solárneho článku a účinnosti, ktorá bola 10,9 %.<sup>6</sup> Problematika použitia perovskitov vo fotovoltaických aplikáciách sa búrlivo rozvíja aj v súčasnosti, o čom svedčí aj vysoký počet každoročne publikovaných vedeckých prác. Dnes sa účinnosť konverzie perovskitových solárnych článkov pohybuje na úrovni 27 %.<sup>7</sup>

## Architektúra perovskitových solárnych článkov

Perovskitové solárne články pozostávajú z viacerých funkčných vrstiev (Obr. 1 A, B). Prvou vrstvou je elektróda tvorená transparentným vodivým materiálom. Nasleduje elektrónová transportná, perovskitová a dierová transportná vrstva. Hlavnou funkciou obidvoch transportných vrstiev je extrakcia voľných nosičov náboja z absorbujúcej perovskitovej vrstvy, ich efektívny transport a potlačenie nežiaducej rekombinácie (Obr. 1C). Pre transportné vrstvy sa využívajú anorganické aj organické materiály. Vhodný transportný materiál musí spĺňať viaceré kritériá, ako napr. vysoká vodivosť, transparentnosť v širšom rozsahu vlnových dĺžok, vhodná poloha vodivostného a valenčného pásu a chemická stabilita. Z anorganických materiálov sa najčastejšie používajú oxidy prechodných kovov ako oxid titaničitý, oxid ciničitý, zinočnatý a nikelnatý. Z organických materiálov sú to rôzne vodivé polyméry a molekuly ako sú aminoderiváty uhľovodíkov (PTAA, PEDOT:PSS), deriváty polytiofénov (P3HT), deriváty spirobisfluorénov



Obr. 1 Všeobecná štruktúra fotovoltaických perovskitov. A) Architektúra perovskitového solárneho článku. B) SEM snímka prierezu solárnym článkom.<sup>2</sup> C) Schematické znázornenie transportu voľných nosičov náboja perovskitovým solárnym článkom za generovania elektrického prúdu.



(Spiro-O-MeTAD), deriváty fullerénov (PC<sub>61</sub>BM).<sup>8,9</sup> Perovskitový solárny článok uzatvára kovová protielektroda.

## Stabilita fotovoltických perovskitov

I napriek ich vynikajúcim optoelektronickým vlastnostiam chemická stabilita perovskitov je pomerne nízka a je ovplyvnená vzdušnou vlhkosťou, kyslíkom, zvýšenou teplotou, pôsobením UV svetla, či defektami kryštálovej štruktúry.<sup>10</sup> Napríklad v prostredí vzdušnej vlhkosti dochádza k hydrolýze organických kationov a tým k celkovej degradácii perovskitov. Mechanizmus degradácie je zložitý a prebieha vo viacerých reakčných stupňoch. Okrem toho ich stabilita v solárnych článkoch je podmienená aj chemickými vlastnosťami ostatných vrstiev. Zistilo sa, že degradácia perovskitu je v prostredí oxidu zinočnatého, ktorý bol použitý ako ETL vrstva, je mimoriadne vysoká.<sup>11,12</sup> Degradácia perovskitovej štruktúry nepriaznivo ovplyvňuje efektivitu konverzie slnečnej energie na elektrickú a je jedným z kľúčových faktorov, ktorý zatiaľ obmedzuje ich využitie v komerčnom meradle. Preto sa v súčasnosti intenzívne hľadajú možnosti ich efektívnej stabilizácie, ktoré spočívajú v optimalizácii prípravy, pasivácii medzivrstiev, prídavku rôznych aditív alebo v enkapsulácii solárneho článku v transparentnej epoxidovej živici.<sup>13</sup>

## Príprava perovskitových solárnych článkov

Na prípravu perovskitových vrstiev do solárnych článkov sa najčastejšie používa technika spin-coatingu. Do popredia sa dostala najmä kvôli jej jednoduchému a nenáročnému používaniu. Za optimálnych podmienok je možné touto technikou dosiahnuť vytvorenie tenkej, homogénnej perovskitovej vrstvy s minimálnym počtom defektov. Jej prípravu možno rozdeliť do dvoch štádií. Prvé zahŕňa tvorbu natívnej perovskitovej vrstvy. V druhom dochádza k jej žihaniu za vzniku aktívnej perovskitovej vrstvy. Optimalizovanie týchto prípravných krokov je kľúčom k úspechu pri tvorbe kvalitnej perovskitovej vrstvy, jej výsledných optoelektronických vlastností a nakoniec aj účinnosti pripraveného solárneho článku. Počas prípravy technikou spin-coatingu je na povrch substrátu nakvapkaný príslušný objem prekursorového roztoku. Rotáciou vyvolaná odstredivá sila spôsobí homogénne pokrytie celej plochy substrátu. Tým dochádza k rýchlejšiemu vyparovaniu prebytočného rozpúšťadla, čím viskozita roztoku rastie. Nárast viskozity pôsobí proti odstredivej sile a zabraňuje odstráneniu celého objemu prekursorového roztoku z povrchu substrátu. Výsledná vrstva a jej charakter sú závislé od pôsobenia týchto dvoch, navzájom proti-

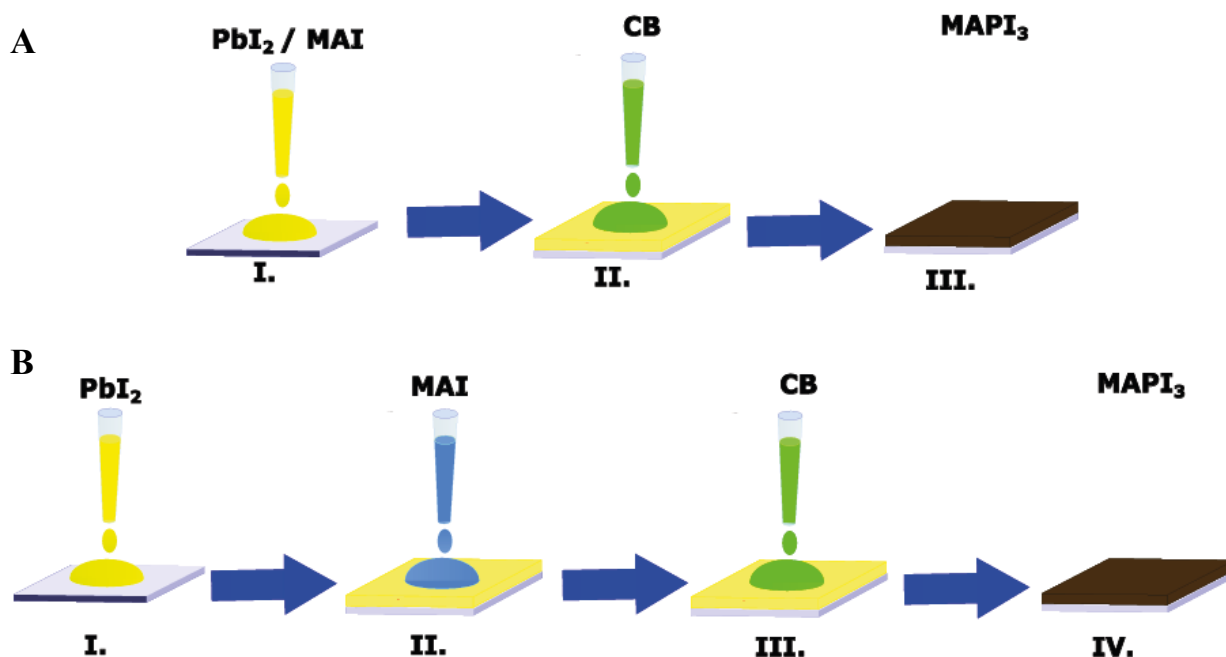
chodných faktorov. Hlavnou nevýhodou techniky spin-coatingu je jej obmedzené použitie pri príprave veľkoplošných solárnych článkov.<sup>14</sup>

Spin-coating možno uskutočňovať v jednom alebo v dvoch krokoch. V prvom prípade je na povrch substrátu nanášaný roztok obsahujúci všetky perovskitové prekursory. Tie sú rozpustené v príslušnom pomere vo vhodnom organickom rozpúšťadle. V dvojkrokovej syntéze sú na substrát nanášané perovskitové prekursory v dvoch samostatných krokoch. Najprv sa nanáša tenká vrstva anorganického prekursoru (PbI<sub>2</sub>). Po vysušení sa v druhom kroku naniesie vrstva organického prekursoru. V tomto prípade sa obvykle používajú aj dve rôzne rozpúšťadlá, napr. *N,N*-dimetylformamid a izopropanol. Odlišnosti v jednotlivých krokoch jedno- a dvojkrokového spin-coatingu sú graficky znázornené na Obr. 2.

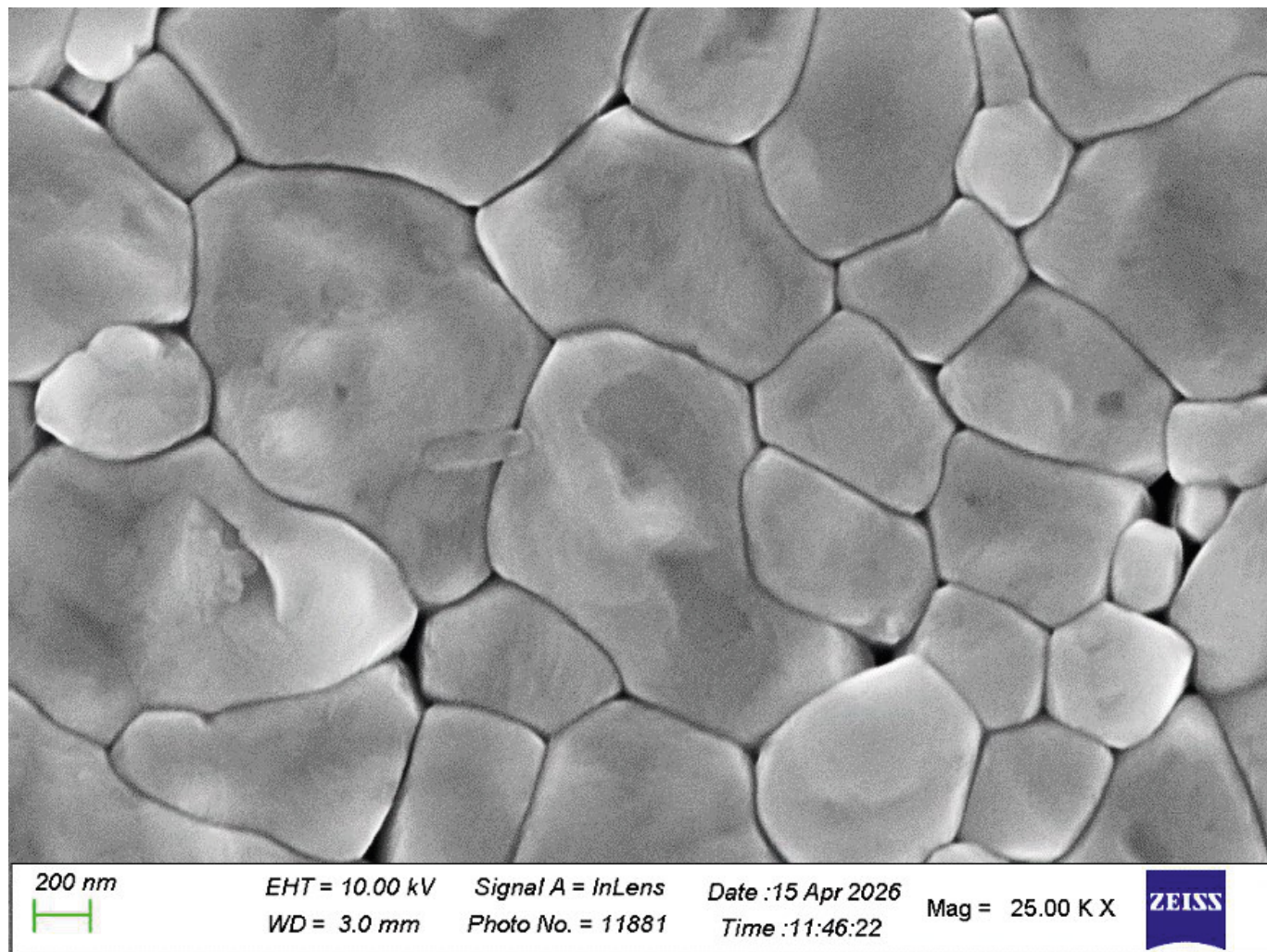
Limitáciou jednoduchšej a časovo menej náročnej jednokrokovej syntézy je obmedzená kontrola procesu tvorby perovskitovej vrstvy. Vrstva, často s prítomnými defektami, nepokrýva celý povrch substrátu a je tvorená veľkým počtom malých zŕn nízkej kvality. Kompaktnejšie vrstvy do istej miery prináša dvojkrová syntéza.<sup>15</sup> Dvojkrová syntéza umožňuje kontrolu procesu prípravy perovskitovej vrstvy s väčšími, dobre definovanými perovskitovými zrnami a homogénnym pokrytím celého povrchu substrátu (Obr. 3). Na druhej strane, konverzia prekursorov na perovskit nie je týmto prístupom úplne zaručená. Zvýšenie konverzie prekursorov a zlepšenie morfológie perovskitovej vrstvy možno doceliť prídavkom tretieho, nesolvatujúceho rozpúšťadla, tzv. antisolventu. Antisolventom sa označuje rozpúšťadlo, ktoré nesolvuje molekuly prekursorov, no zároveň sa mieša s nosnými rozpúšťadlami. Prídavkom antisolventu sa rozpustnosť východiskových látok v nosných rozpúšťadlách výrazne znižuje. Dôjde tak k lokálnemu presýteniu roztoku, výsledkom čoho je vznik kryštalizačných zárodokov, ktoré následne rastú v procese kryštalizácie. Ako antisolventy sa najbežnejšie využívajú nepolárne organické rozpúšťadlá-chlórbenzén (CB), toluén (TOL), dietyléter (DEE). Prídavok antisolventu vedie k vzniku homogénnej vrstvy, s dobre vyvinutými perovskitovými zrnami a malým počtom defektov.<sup>16</sup>

## Súčasný trendy v perovskitových solárnych článkoch

Od prvotných pokusov implementácie fotovoltických perovskitov v solárnych článkoch sa v tejto oblasti v pomerne krátkom čase zaznamenal výrazný progres. Vhodnou kombináciou perovskitových prekursorov možno doceliť výrazné zlepšenie stability výsledného



Obr. 2 Príprava perovskitovej vrstvy ..vrstvy metódou spin-coating, A) jednokrová metóda spin-coatingu s použitím antisolventu, B) dvojkrová metóda s použitím antisolventu.



Obr. 3 Morfológia perovskitovej vrstvy ( $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ ) pripravenej dvoj krokovým spin-coatingom s použitím chlórbenzénu ako antisolventu.

perovskitu. Zmesné perovskity obsahujúce tri druhy katiónov zmiešané vo vhodnom stechiometrickom pomere (z angl. triple-mixed halide perovskites) sú podstatne stabilnejšie než perovskity tvorené iba jedným druhom katiónu.<sup>17</sup> To sa v konečnom dôsledku prejaví aj na výslednej účinnosti a stabilite pripravených solárnych článkov. Používanie toxického olova a karcinogénnych rozpúšťadiel predstavuje vážne environmentálne a zdravotné riziká. Hľadajú sa preto vhodnejšie a ekologickejšie alternatívy, ktoré by čiastočne alebo úplne nahradili ich použitie. Sú známe bezolovnaté varianty fotovoltických perovskitov na báze cínu, germánia, bizmutu, antimónu<sup>18</sup>, ale aj tzv. chalkogenidové perovskity, ktoré namiesto halogenidových aniónov obsahujú ióny prvkov 16. skupiny, najmä síry a selénu ( $\text{BaZrSe}_3$ ,  $\text{BaZrS}_3$ ). Tieto však na rozdiel od olovnatých perovskitov vykazujú menšie účinnosti.<sup>19</sup> Pre minimalizovanie negatívneho vplyvu rozpúšťadiel sa hľadajú zelenšie alternatívy. Napríklad Yavari a kol. porovnávali vplyv anizolu (ANI) ako zelenšieho antisolventu, na účinnosť solárneho článku, s konvenčne používanými antisolventmi ako chlórbenzén a toluén. Účinnosť pripraveného solárneho článku sa len nepatrne líši od účinnosti článku s využitím chlórbenzénu (19,88 % (ANI) a 20,14 % (CB)).<sup>20</sup> Súčasným, mimoriadne perspektívnym trendom je spojenie perovskitových a kremíkových solárnych článkov. Tieto tzv. tandemové solárne články kombinujú vlastnosti oboch fotovoltických materiálov. Svojou účinnosťou prekračujú aj teoretickú účinnosť samotných kremíkových aj perovskitových solárnych článkov determinovanú už spomínaným Shockleyho-Queisserovým limitom<sup>1</sup>.

Práca je podporená grantom Agentúry na podporu výskumu a vývoja APVV-23-0083. •

## Literatúra

- [1] Liu, J., He, Y., Ding, L. *et al. Nature* **2024**, 635, 596–603.
- [2] Zhou, D.; Zhou, T.; Tian, Y.; Zhu, X.; Tu, Y. *J. Nanomater.* **2018**, 2018, 8148072.
- [3] Jacobsson, T. J.; Pazoki, M.; Hagfeldt, A.; Edvinsson, T. *J. Phys. Chem. C* **2015**, 119, 25673–25683.
- [4] He, C.; Liu, X. *Light Sci. Appl.* **2023**, 12, 15.
- [5] Kojima, A.; Teshima, K.; Shirai, Y.; Miyasaka, T. *J. Am. Chem. Soc.* **2009**, 131, 17, 6050–6051.
- [6] Michael M. Lee *et al. Science* **2012**, **338**, 643–647.
- [7] Pan, Q.; Zhong Q.; Pu, J.; Yu, G.; Chen, J.; Cao, M.; Feng, B. *Nanoscale* **2026**, 18, 16, 8403–8421.
- [8] Jia, G.; Fang, Y.; Song, X.; Xie, M.; Liao, R. *et al. J. Mater. Sci.* **2025**, 60, 7466–7491.
- [9] Li, S.; Cao, Y.-L.; Li, W.-H.; Bo, Z.-S. *Rare Met.* **2021**, 40, 2712–2729.
- [10] Miah, M. H.; Rahman, M. B.; Nur-E-Alam, M. *et al. RSC Adv.* **2025**, 15, 628–654.
- [11] Kore, B.P.; Jamshidi, M.; Gardner, J. M. *Mater. Adv.* **2024**, 5, 2200–2217.
- [12] Akbulatov, A.F.; Zhidkov, I.S.; Gutsev, L. G. *et al. Mater. Today Energy* **2025**, 47, 101747.
- [13] Zhuang, J.; Wang, J.; Yan, F. *Nano-Micro Lett.* **2023**, 15, 84.
- [14] Zheng, J.; Zhang, M.; Lau, C. F. J.; Deng, X.; *et al. Sol. Energy Mater. Sol. Cells* **2017**, 168, 165–171.
- [15] Burschka, J.; Pellet, N.; Moon, S.-J.; Humphry-Baker, R.; Gao, P.; Nazee-ruddin, M. K.; Grätzel, M. *Nat.* **2013**, 499, 316–319.
- [16] Ghosh, S.; Mishra, S.; Singh, T. *Adv. Mater. Interfaces* **2020**, 7, 2000950.
- [17] Lin, Q.; Kubicki, D. J.; Omrani M.; Alam, F.; Abdi-Jalebi, M. *J. Mater. Chem. C* **2023**, 11, 7, 2449–2468.
- [18] Imtiaz, A.; Kamal, P.; Shaikh, M. M. *Chem. Commun.* **2025**, 61, 37, 6691–6721.
- [19] Njema G.G.; Kibet, J.K. *Next Nanotechnology* **2025**, 7, 100102.
- [20] Yavari, M.; Mazloum-Ardakani, M.; Gholipour, S.; Tavakoli, M. M.; Turren-Cruz, S.-H.; Taghavinia, N.; Grätzel, M.; Hagfeldt, A.; Saliba, M. *Adv. Energy Mat.* **2018**, 8, 1800177.



# Výskum a testovanie výbušnosti prachov rozvírených vo vzduchu na Slovensku - Skúšobné laboratórium protivýbuchovej prevencie STU

Text: R. Kuracina, Z. Szabová, E. Buranská, V. Kvorková, L. Kosár  
Kontakt: slpvp@mtf.stuba.sk

**A**si každý, kto sa venuje chémii, počul o tom, že múka je výbušná. Samozrejme, že nie v nedeľnom koláči ani v obchode v papierovom vrecku. Je to ale pravda, ak je múka rozvírená vo vzduchu a myslím, že veľa chemikov o tom vie.

O múke je to známe asi preto, že už sa u nás, ale aj vo svete stali nehody, ktorých hlavným "protagonistom" bola múka. Ale nie je to len o múke, je to všeobecne o horľavom prachu. Stalo sa už veľa nehôd, kde "vybuchol" prach a dôsledky neboli vždy len o rozbití technológii.

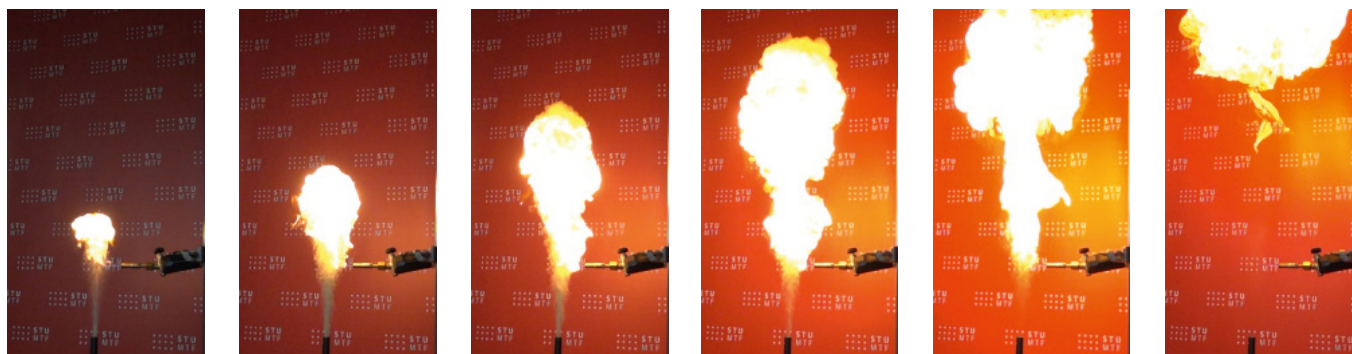
Samotný problém s múkou z predchádzajúceho odstavca však nie je len takéto jednoduché konštatovanie. Je to celkom zložitý odbor a súčasť požiarného a bezpečnostného inžinierstva. A asi najdôležitejšie je, že tento odbor má vplyv na bežný život, ale aj život priemyselných podnikov a bezpečné pracovné prostredie.

V prvom rade je potrebné uviesť na pravú mieru "výbuch". V týchto prípadoch nejde nikdy o výbuch v pravom zmysle. Je to (veľmi) rýchle zhorenie rozvíreného prachu vo vzduchu, pričom horenie ako také nevyprodukuje tlak ani tlakovú (rázovú) vlnu. Tlak sa vygeneruje, ak celý dej prebehne v akomkoľvek "uzatvorenom priestore" - či už v reálnej nádobe alebo vo "virtuálnej nádobe", kde sa celý súbor sprá-

ky na uhoľnom prachu, asi každého napadne prach z dreva, ďalej takmer každá potravina alebo poľnohospodársky produkt (okrem kuchynskej soli a sódy bikarbóny), ale radíme sem aj podstatnú časť chemických látok a prípravkov vo forme práškov (organické, niektoré anorganické, kovové prvky a zliatiny) alebo aj samostatne zaraditeľné polymérne látky.

Doma s výbuchom prachu určite nepočítame (a pravdepodobnosť je veľmi malá), ale v priemysle musia túto problematiku brať veľmi vážne. Ak niekto pracuje v priemyselnom podniku, kde majú prach (ktorý sa ešte aj vŕi), vie o riziku. Nielen v mlynoch múky, pri žatve alebo v uhoľnej bani, pri spracovaní dreva, ale aj v bežnom chemickom podniku, sa môžu vŕiť medziprodukty alebo finálne chemikálie, ktoré sú vo forme prachu. Rozvírenie horľavého prachu a jeho výbuch (zapálenie) môže skončiť veľmi zle, ak sa o ňom nevie, alebo sa podcení.

Aby bolo možné v priemysle vylúčiť riziko výbuchu prachu, je nevyhnutné použiť princípy protivýbuchovej prevencie (dost' podrobne to rieši aj slovenská legislatíva) na základe požiarnotechnických vlastností horľavých prachov. Lenže získať tieto parametre nie je také ľahké. Veľa vstupných parametrov (koncentrácia, oxidovadlo, energia



va ako keby bol uzatvorený. Je to prvá z piatich podmienok výbuchu prachu. Ďalšie sú (2) iniciačný zdroj, (3) horľavý prach, (4) prítomnosť oxidovadla a (5) vhodná koncentrácia - medzi dolnou a "hornou" hranicou.

Ako už bolo spomínané, asi najznámejším výbušným prachom je múka. Hladká, polohrubá, hrubá, krupica, celozrnná, ražná, špaldová ... na akúkoľvek si spomeniete. Ale horľavým prachom nie je len múka. V skúšobnom laboratóriu je pre testovanie zaujímavý akýkoľvek prach, ktorý vyhovuje základnej definícii - látka tvorená malými pevnými časticami s typickými rozmermi do 500 mikróv (aj vlákna). A výber horľavých prachov je vskutku veľký - začína typic-

iniciačného zdroja, veľkosť častíc prachu, vlhkosť atď.) je príčinou, že požiarnotechnické parametre nejde jednoducho vypočítať ani počítačovo simulovať. Musia byť odmerané v laboratórnych podmienkach. Testovacie zariadenia sa vyvíjajú už veľmi dlhú dobu a prešli výrazným vývojom. Dajú sa nájsť v skúšobných laboratóriách a jediným laboratóriom na Slovensku, ktoré dokáže všetky tieto parametre testovať, je Skúšobné laboratórium protivýbuchovej prevencie na MTF STU so sídlom v Trnave.

Laboratórium prešlo od roku 2011 (keď v ňom bola len jedna výbuchová komora) výrazným vývojom a inováciami. V Skúšobnom laboratóriu protivýbuchovej prevencie je dnes zavedený kompletný systém kvality pre skúšobné laboratóriá podľa STN EN ISO/IEC 17025. Testovať je tu možné všetky štandardizované parametre (v prípade potreby aj parametre v podmienkach priamej súvislosti s praxou) výbušnosti prachov - výbuchový tlak a konštanta, dolná medza výbušnosti, medzná koncentrácia kyslíka, minimálna iniciačná energia, teplota vznietenia usadenej vrstvy prachu aj rozvíreného oblaku, rezistivita a s nimi súvisiace parametre - synná hustota, vlhkosť a zrnitosť. Každý z týchto parametrov je súčasťou skladačky potrebnej pre návrh súčasti protivýbuchovej prevencie. Jej správnou implementáciou do výroby sa zvýši bezpečnosť technológií, ale aj zníži pocit ohrozenia pre zamestnancov a dopady na životné prostredie. •

*Tento príspevok vznikol na základe podpory projektu APVV-21-0187 - Progresívne metódy testovania prachu a prachovzduchových zmesí pre potreby výrobného priemyslu na Slovensku.*



# MXény ako moderné 2D nanomateriály

Text: M. Baráth, B. Alföldyová, A. Vikartovský a L. Lorencová  
Kontakt: lenka.lorencova@savba.sk

**M**Xény predstavujú dvojrozmerné karbidy, nitridy a karbonitridy prechodných kovov so všeobecným vzorcom  $M\Box_+X\Box_-T_x$ , kde M predstavuje prechodný kov, X uhlík a/alebo dusík a  $T_x$  označuje terminácie nachádzajúce sa na povrchu MXénov.

Od svojho objavu v roku 2011 tieto dvojrozmerné nanomateriály priťahujú veľkú pozornosť vďaka vlastnostiam, ako sú vysoká elektrická vodivosť, veľký špecifický povrch a nastaviteľná povrchová chémia. Vďaka týmto špecifikám sú MXény sľubnými kandidátmi na využitie pri uskladnení energie, katalýze, environmentálnych technológiách a mnohých ďalších oblastiach.

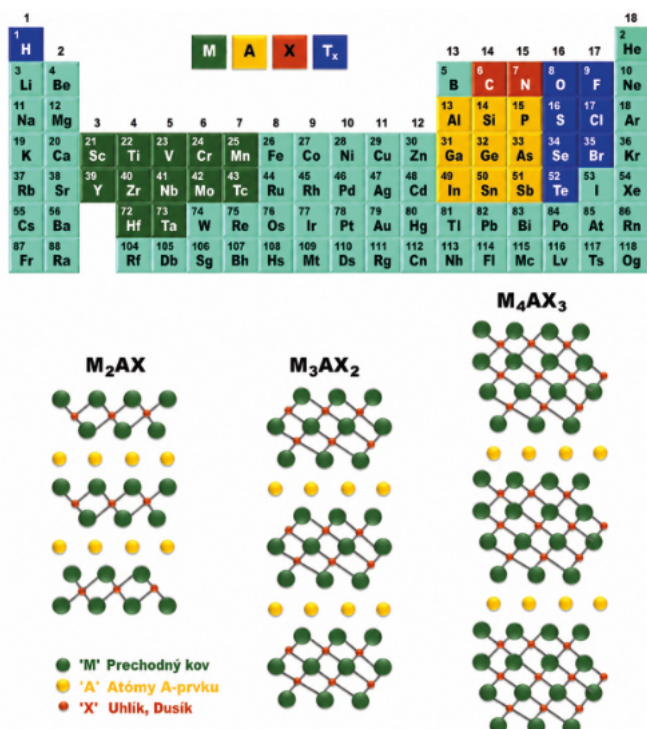
## Prekursorové MAX fázy

Prekursori MXénov sú tzv. MAX fázy – vrstevnaté keramické materiály s hexagonálnou štruktúrou a všeobecným vzorcom  $M\Box_+AX\Box_-$ . Ich štruktúra pozostáva z blokov  $M\Box_+$ ,  $X\Box_-$ , medzi ktorými sa nachádzajú vrstvy prvku A (**Obr. 1**). Zatiaľ čo väzby  $M-X$  sú relatívne pevné, väzby medzi M a A prvkom možno pri vhodných podmienkach selektívne narušiť, čo umožňuje odstránenie vrstvy A a vznik MXénu. Prvé MAX fázy boli objavené v roku 1960 a dnes existuje viac ako 300 experimentálne overených MAX fáz, pričom viac ako 100 ďalších teoreticky stabilných štruktúr čaká na experimentálne potvrdenie.

Veľká variabilita jednotlivých pozícií M, A a X vedie k značnej kompozičnej rozmanitosti MAX fáz. Na pozíciu M sa najčastejšie uplatňujú prechodné kovy, napríklad Ti, Zr, Hf, V, Nb alebo Ta, zatiaľ čo pozíciu A často obsadzujú prvky skupín 13 a 14, ako Al, Si alebo Ga. Táto variabilita umožňuje pripraviť materiály s rozdielnym zložením, štruktúrou a chemickou reaktivitou.

## Štruktúra a zloženie MXénov

MXény sa typicky pripravujú selektívnym odleptaním vrstvy A z MAX



Obr. 1 Prekursori MXénov: kryštálová štruktúra fáz  $M_2AX$ ,  $M_3AX_2$  a  $M_4AX_3$ .

fáz. Prvý MXén,  $Ti_3C_2T_x$ , bol pripravený v roku 2011 odleptaním hliníkovej vrstvy z východiskovej MAX fázy  $Ti_3AlC_2$  kyselinou fluorovodíkovou (HF). V súčasnosti existuje viac ako 50 experimentálne pripravených MXénov, pričom ich počet neustále rastie vďaka zvyšujúcej sa diverzite MAX fáz a novým spôsobom leptania.

Okrem jednoduchých MXénov obsahujúcich jeden prechodný kov boli pripravené aj štruktúrne komplexnejšie materiály, napríklad tuhé roztoky, viacprvkové usporiadania či MXény s usporiadanými alebo náhodne rozmiestnenými prázdny miestami v kryštálovej štruktúre. Spomedzi nich zostávajú MXény na báze titánu, najmä  $Ti_3C_2T_x$ , najintenzívnejšie študované.

## Terminácie

Počas syntézy a následného spracovania MXénov dochádza k tvorbe povrchových terminácií, ktoré významne ovplyvňujú ich chemické a fyzikálne vlastnosti. Po selektívnom odstránení vrstvy A zostávajú na povrchu MXénu nedostatočne koordinované a elektronicky nenasýtené atómy prechodného kovu, ktoré následne interagujú s iónmi a molekulami z okolitého prostredia a vedú k vzniku povrchových terminácií. Medzi najčastejšie uvádzané terminácie patria  $-F$ ,  $=O$  a  $-OH$ . Ich zastúpenie a distribúcia závisia od použitého syntetického postupu a podmienok spracovania. Povrchovú chemiu MXénov možno ďalej cielene meniť vhodnými chemickými alebo fyzikálnymi metódami.

## Fyzikálne a chemické vlastnosti

Vlastnosti MXénov vyplývajú z ich vrstevnatej štruktúry, chemického zloženia a elektronickej štruktúry a výrazne ich ovplyvňuje aj charakter povrchových terminácií. Zatiaľ čo kovovo-karbidové alebo kovovo-nitridové vrstvy určujú mnohé základné vlastnosti materiálu, povrchové terminácie a ich vzájomné usporiadanie ovplyvňujú správanie MXénov na rozhraní s okolitým prostredím. Vďaka tejto kombinácii možno vlastnosti MXénov do určitej miery prispôbovať voľbou chemického zloženia, spôsobu syntézy a následnej povrchovej úpravy.

## Mechanická pevnosť a chemická stabilita

MXény vykazujú vysokú mechanickú pevnosť a tuhosť, pričom ich mechanické vlastnosti závisia od chemického zloženia, kryštálovej štruktúry, počtu vrstiev a povrchových terminácií. Významnú úlohu pritom zohráva charakter väzieb v kovovo-karbidovej alebo kovovo-nitridovej vrstve. Napríklad pre  $Nb_4C_3T_x$  bol stanovený Youngov modul ( $386 \pm 13$ ) GPa, ktorý vyjadruje tuhosť materiálu, teda jeho odolnosť voči elastickej deformácii.

Chemická stabilita predstavuje jednu z významných výziev pri praktickom využití MXénov, najmä vo vodnom prostredí a za prítomnosti kyslíka. Mnohé MXény na báze titánu sú citlivé na oxidáciu, pri ktorej môže dochádzať k tvorbe  $TiO_2$  a ďalších oxidačných produktov, čím sa charakteristický MXénový skelet rozpadá. Voda a kyslík môžu podporovať povrchové reakcie a degradáciu, pričom stabilita opäť závisí od chemického zloženia MXénu, povrchových terminácií, veľkosti vložiek a podmienok skladovania.

## Elektrická vodivosť

MXény sú charakteristické vysokou elektrickou vodivosťou, pričom pri niektorých materiáloch môžu hodnoty za vhodných podmienok dosahovať rádovo desiatky tisíc  $S \cdot cm^{-1}$ . Vysoká vodivosť súvisí najmä s elektrónovou štruktúrou vrstiev prechodného kovu, v ktorých sú



dostupné delokalizované elektróny umožňujúce efektívny prenos náboja. V tomto smere sa MXény podobajú inému nanomateriálu – grafénu, ktorý je tiež charakteristický vysokou elektrickou vodivosťou vďaka svojej delokalizovanej elektrónovej štruktúre. Na rozdiel od grafénu však elektrické vlastnosti MXénov výrazne ovplyvňuje chemické zloženie povrchových terminácií a ich interakcia s kovovou vrstvou.

Elektrická vodivosť preto závisí nielen od chemického zloženia MXénu, ale aj od typu a zastúpenia povrchových terminácií, defektov, stupňa oxidácie, medzivrstvovej vzdialenosti a spôsobu spracovania materiálu. Povrchové terminácie môžu meniť elektrónovú štruktúru MXénov a tým významne ovplyvňovať ich výslednú vodivosť.

## Magnetické a katalytické vlastnosti

Magnetické vlastnosti MXénov sú ovplyvnené najmä elektrónovou konfiguráciou prechodného kovu, kryštálovou štruktúrou a povrchovými termináciami. Hoci mnohé MXény nevykazujú výrazné spontánne magnetické usporiadanie, magnetické správanie bolo teoreticky predpovedané pre viaceré systémy.

Katalytické vlastnosti robia MXény zaujímavými pre elektrochemické reakcie, ako sú reakcia vývoja vodíka (HER), reakcia vývoja kyslíka (OER) a elektrochemická redukcia oxidu uhličitého. Katalytickú aktivitu možno ovplyvňovať napríklad dopovaním, tvorbou defektov a úpravou povrchových terminácií.

## Zmäčavosť a biokompatibilita

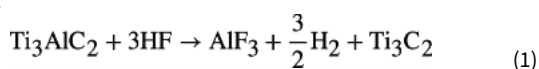
Mnohé MXény vykazujú hydrofilný charakter, ktorý súvisí najmä s prítomnosťou polárnych povrchových terminácií. Charakter povrchu však možno meniť jeho chemickou funkcionalizáciou, čím možno ovplyvniť zmäčavosť, interakcie s biomolekulami a stabilitu materiálu v biologickom prostredí.

Biologické účinky MXénov závisia od ich chemického zloženia, veľkosti, povrchových terminácií, koncentrácie a podmienok expozície. V niektorých *in vitro* štúdiách bola pozorovaná vyššia cytotoxicita vybraných MXénov voči nádorovým bunkám v porovnaní s normálnymi bunkami. Tieto výsledky naznačujú potenciál MXénov v biomedicínskom výskume, avšak ich terapeutické využitie si vyžaduje podrobné posúdenie mechanizmov toxicity, selektivity, stability a biodegradovateľnosti.

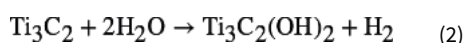
## Syntetické metódy

### Leptanie kyselinou fluorovodíkovou

Priama syntéza MXénov pomocou HF patrí medzi najstaršie a stále široko používané metódy selektívneho odstránenia vrstvy A z MAX fáz. Fluoridové druhy v kyslom prostredí podporujú odstránenie prvku A (najmä hliníka), pričom na povrchu vzniknutého MXénu sa súčasne vytvárajú povrchové terminácie. Leptanie môže prebiehať relatívne rýchlo pri MAX fázach obsahujúcich Al, pričom kinetika procesu závisí od chemického zloženia MAX fázy, veľkosti častíc, koncentrácie HF, teploty a reakčného času. Reakcia prebieha spontánne a je silne exotermická, pričom entalpia vzniku  $\text{AlF}_3$  sa odhaduje približne na  $-1512 \text{ kJ/mol}$ :



Vo všetkých prípadoch sa pripravené povrchy MXénov funkcionalizujú koncovými skupinami – predovšetkým  $-\text{OH}$  a  $-\text{F}$  – podľa nasledujúcich reakcií:



Pri MAX fázach obsahujúcich iné prvky A než Al alebo pri niektorých nitrídových MAX fázach môže byť selektívne leptanie náročnejšie a vyžadovať agresívnejšie alebo alternatívne podmienky. Súvisí to najmä so stabilitou väzieb  $\text{M}-\text{X}$  a  $\text{M}-\text{A}$ .

### In situ HF leptanie

Alternatívny prístup založený na generovaní HF *in situ* využíva reakciu fluoridovej soli s kyselinou chlorovodíkovou. Tento postup umožňuje pripravovať MXény bez priameho použitia koncentrovanej HF a zároveň poskytuje väčšiu flexibilitu pri voľbe fluoridového prekursora. Fluoridová soľ pritom nemusí pôsobiť iba ako zdroj fluoridových iónov; povaha sprievodného kationu môže ovplyvniť priebeh leptania, morfológiu a výslednú povrchovú chémiu MXénu. Pri niektorých fluoridových systémoch môžu zároveň kationy prenikať medzi jednotlivé vrstvy MXénu a zväčšovať ich vzájomnú vzdialenosť. Toto oddelenie vrstiev, označované ako delaminácia, vedie k vzniku samostatných alebo len voľne spojených MXénových vrstiev a zvyšuje ich dostupný povrch. Ako ďalšia alternatíva sa používajú bifluoridové soli, ktoré môžu v reakčnom prostredí poskytovať kyslé fluoridové druhy bez potreby samostatného pridávania silnej minerálnej kyseliny.

### Alkalické a hydrotermálne leptanie

Pri alkalickom leptaní sa používajú koncentrované hydroxidové roztoky za zvýšenej teploty, pričom výsledné MXény sú charakteristické prevažne kyslíkovými a hydroxylovými povrchovými termináciami. Tieto metódy však nie sú univerzálne a pri nevhodných podmienkach môže dôjsť k poškodeniu alebo nadmernej oxidácii štruktúry. Hydrotermálne prístupy využívajú aj iné leptacie médiá, napríklad HCl, a boli demonštrované pre vybrané MAX fázy. Tieto metódy sa najčastejšie využívajú v prípadoch, keď nechceme, aby výsledný MXén obsahoval fluoridové terminácie.

### Leptanie v roztavených soliach

Leptanie v roztavených soliach využíva napríklad chloridy kovov, ako  $\text{ZnCl}_2$  alebo  $\text{CuCl}_2$ , ktoré môžu pôsobiť ako Lewisove kyseliny a zároveň sa podieľať na redoxných procesoch vedúcich k odstráneniu vrstvy A. Výhodou týchto postupov je možnosť pripraviť aj MXény, ktorých syntéza je vo vodnom prostredí náročná, napríklad niektoré nitrídové MXény. Roztavené soli zároveň umožňujú ovplyvňovať povrchovú chémiu materiálu.

### Elektrochemické a iné metódy

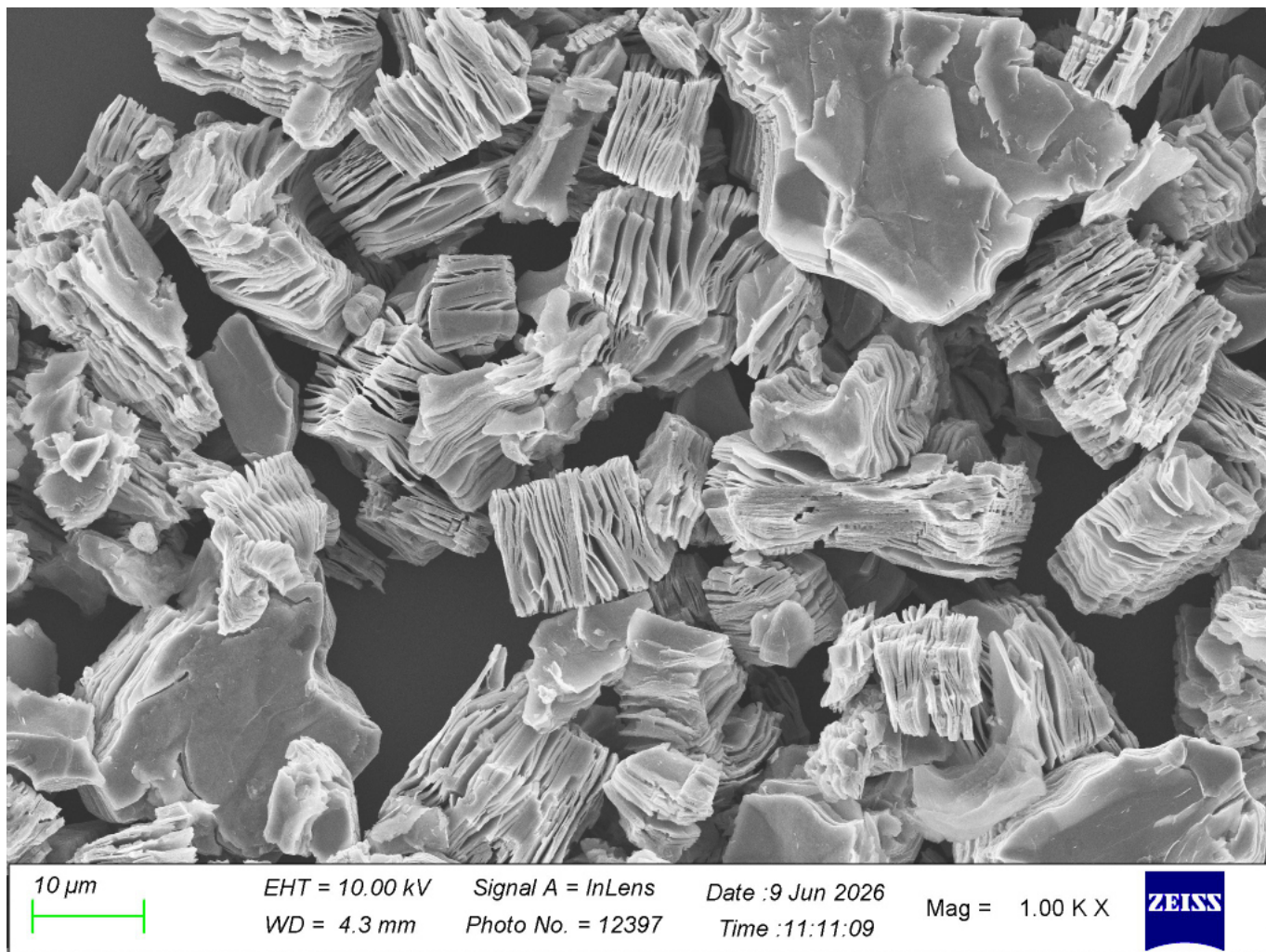
Elektrochemické leptanie využíva aplikáciu elektrického potenciálu na podporu selektívneho odstránenia vrstvy A. Výhodou môže byť lepšia kontrola reakčných podmienok a povrchovej chémie, pričom medzi možné obmedzenia patria preleptanie, poškodenie štruktúry a nižšie výťažky pri niektorých systémoch. Medzi novšie alebo menej konvenčné prístupy patria halogénové, oxidačné, fotochemické a biogénne metódy leptania. Ich využitie je zatiaľ užšie a spravidla sa skúma len pre konkrétne MAX fázy alebo s cieľom dosiahnuť špecifickú povrchovú chémiu.

Voľba leptacieho systému teda neovplyvňuje iba samotnú účinnosť odstránenia vrstvy A, ale môže zásadne ovplyvniť aj povrchové terminácie, stupeň oxidácie, defektnosť, medzivrstvovú vzdialenosť a morfológiu výsledného MXénu. Z tohto pohľadu predstavuje výber leptadla nielen syntetický krok, ale aj jeden z nástrojov na riadenie vlastností výsledného materiálu.

## Charakterizačné techniky

Charakterizácia MXénov je nevyhnutná na overenie, či počas syntézy skutočne došlo k odstráneniu vrstvy A z východiskovej MAX fázy a zároveň na určenie štruktúry, chemického zloženia, povrchových vlastností a morfológie vzniknutého materiálu. Tieto parametre významne ovplyvňujú výsledné fyzikálne a chemické vlastnosti MXénov a tým aj ich vhodnosť pre konkrétne aplikácie.

Keďže vlastnosti MXénov sú výrazne závislé od spôsobu prípravy, nestačí sledovať iba samotný vznik vrstvenej štruktúry. Dôležité je tiež určiť, do akej miery bola odstránená vrstva A, aké povrchové terminácie vznikli, či materiál obsahuje defekty alebo nežiaduce prímеси a ako syntéza ovplyvnila jeho morfológiu a stabilitu. Z tohto dôvodu sa pri charakterizácii MXénov využíva kombinácia viacerých komplementárnych analytických metód.



Obr. 2 SEM snímka  $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$  MXénu nasyntetizovaného na Chemickom ústave SAV, v. v. i. Autor SEM snímky: Jaroslav Bruncko.

### Charakterizácia štruktúry MXénov

Röntgenová difrakcia (XRD) patrí medzi základné metódy na overovanie vzniku MXénov. Selektívne odstránenie vrstvy A sa typicky prejaví posunom charakteristických difrakčných reflexov, najmä (00l), k nižším hodnotám  $2\theta$ , čo súvisí so zväčšením medzivrstvovej vzdialenosti. Súčasne môže dochádzať k oslabeniu alebo vymiznutiu reflexov pôvodnej MAX fázy. XRD tak umožňuje sledovať zmenu kryštálovej štruktúry, medzivrstvovej vzdialenosti a pri vhodných podmienkach aj interkaláciu ďalších druhov (t. j. vkladanie iónov alebo molekúl medzi vrstvy MXénu).

Elektrónová mikroskopia je nevyhnutná na posúdenie morfológie

a štruktúry materiálu. Transmisná elektrónová mikroskopia (TEM) umožňuje pozorovať jemnú štruktúru a pri vhodnom rozlíšení aj jednotlivé vrstvy MXénu. Rastrovacia elektrónová mikroskopia (SEM) poskytuje informácie o morfológii a vrstevnatej štruktúre materiálu (Obr. 2), zatiaľ čo mikroskopia atomárných síl (AFM) umožňuje určovať laterálne rozmery a výšku jednotlivých vložiek alebo ich agregátov.

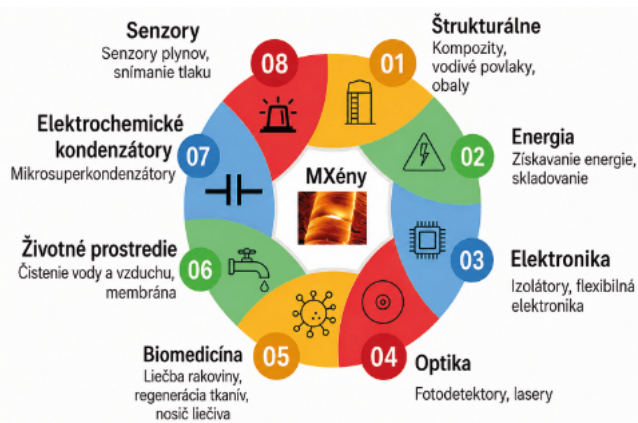
### Charakterizácia zloženia MXénov

Energiovo-disperzná röntgenová spektroskopia (EDS) poskytuje kvalitatívne a semikvantitatívne informácie o elementárnom zložení a umožňuje sledovať zmenu pomeru jednotlivých prvkov, napríklad pokles obsahu prvku A po leptaní. EDS môže zároveň odhaliť prítomnosť nežiaducich kovových alebo iných anorganických prímiesí pochádzajúcich z použitého leptacieho systému.

Röntgenová fotoelektrónová spektroskopia (XPS) poskytuje povrchovo citlivé informácie o elementárnom zložení, oxidačných stavoch a chemických väzbách. Je preto obzvlášť vhodná na analýzu povrchových terminácií MXénov a na sledovanie ich zmien počas oxidácie alebo funkcionizácie. Ramanova spektroskopia poskytuje informácie o vibračných vlastnostiach materiálu a môže sa využiť na sledovanie štruktúrálnych zmien a oxidácie MXénov. Hmotnostná spektrometria sekundárných iónov s analyzátorom doby letu (ToF-SIMS) poskytuje vysoko citlivú analýzu povrchového zloženia a umožňuje priestorové mapovanie aj hĺbkové profilovanie vybraných prvkov a molekulových fragmentov.

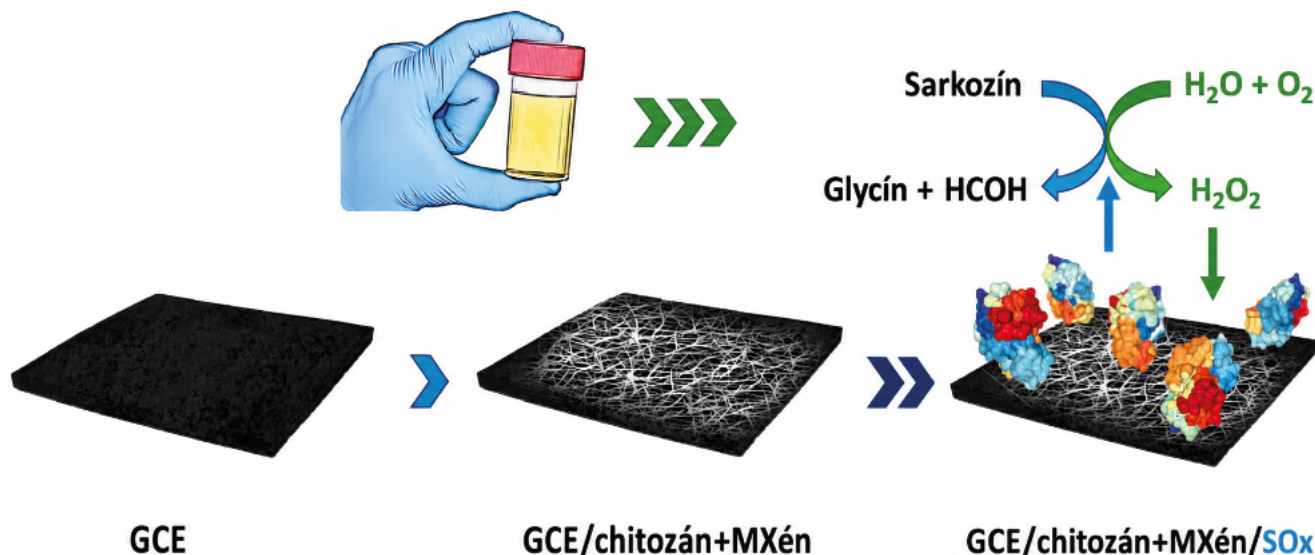
### Charakterizácia vlastností

Mechanické vlastnosti možno hodnotiť experimentálne napríklad nanoindentáciou, zatiaľ čo teoretické mechanické parametre možno predpovedať pomocou výpočtov založených na teórii funkcionálu



Obr. 3 Všeobecné oblasti využitia MXénov.





**Obr. 4** Elektróda zo sklovitého uhlíka (GCE) modifikovaná nanokompozitom MXén/chitozán, ktorý slúži ako nosič na imobilizáciu sarkozinóxi-dázy (SOx) a nepriame stanovenie sarkozínu v moči na princípe elektrochemickej redukcie peroxidu vodíka. Štruktúra enzýmu SOx pochádza z databázy Protein Data Bank (kód 1EL5).

hustoty (DFT). Elektrická vodivosť sa často stanovuje štvorhrotovou metódou alebo elektrickým meraním tenkých vrstiev a jednotlivých vločiek. Elektrochemické vlastnosti sa charakterizujú pomocou voltampérometrických metód a elektrochemickej impedančnej spektroskopie (EIS). Cyklická voltampérometria umožňuje sledovať redoxné a kapacitné správanie, zatiaľ čo EIS poskytuje informácie o procesoch prenosu náboja a vlastnostiach rozhrania. Optické vlastnosti MXénov možno študovať pomocou UV-Vis a NIR spektroskopie vrátane absorpčných javov súvisiacich s plazmónovými vlastnosťami. Meranie zeta potenciálu poskytuje informácie o povrchovom náboji a koloidnej stabilite disperzií, zatiaľ čo kontaktný uhol charakterizuje zmlčavosť a hydrofilný alebo hydrofóbny charakter povrchu.

Kombinácia uvedených metód je dôležitá najmä preto, že žiadna z nich neposkytuje úplný obraz o vlastnostiach MXénu. Napríklad samotné XRD môže potvrdiť zmenu vrstevnatej štruktúry, ale na posúdenie povrchových terminácií je potrebná povrchovo citlivá metóda, ako je XPS, zatiaľ čo SEM, TEM alebo AFM poskytujú komplementárne informácie o morfológii a rozmeroch materiálu.

## Aplikácie

Kombinácia vysokej elektrickej vodivosti, veľkého špecifického povrchu, vrstevnatej štruktúry a chemicky laditeľného povrchu predurčuje MXény na využitie v širokom spektre aplikácií (Obr. 3). Navyše možnosť ovplyvňovať ich medzivrstvovú vzdialenosť a povrchovú chémiu umožňuje prispôbovať ich vlastnosti konkrétnemu účelu. MXény sa preto skúmajú najmä v oblasti skladovania energie, elektroniky, katalýzy, environmentálnych technológií a senzoriky.

### Skladovanie energie

MXény sa intenzívne skúmajú ako elektródové materiály pre lítium-iónové batérie, kde ich vysoká elektrická vodivosť, veľký povrch a vrstevnatá štruktúra podporujú transport a ukladanie iónov. Povrchové terminácie zároveň ovplyvňujú interakcie s elektrolytom a procesy interkalácie Li<sup>+</sup>. Sodíkové a draslíkové iónové batérie predstavujú ďalšiu oblasť výskumu, pričom zväčšenie medzivrstvovej vzdialenosti môže uľahčiť transport väčších iónov.

V superkondenzátoroch sa využíva najmä vysoká elektrická vodivosť a veľký dostupný povrch MXénu. Elektrochemické vlastnosti možno ďalej ovplyvňovať interkaláciou iónov alebo tvorbou kompozitov s grafénom, oxidmi prechodných kovov a sulfidmi.

### Elektronické a elektromagnetické aplikácie

Vysoká elektrická vodivosť a možnosť vytvárať tenké, flexibilné vrstvy robia MXény zaujímavými pre elektronické súčiastky, pamäťové zaria-

denia, tranzistory, antény a senzory. Vďaka vysokej vodivosti a schopnosti absorbovať elektromagnetické žiarenie sa skúmajú aj ako materiály na elektromagnetické tienenie. K výslednému tieniacemu účinku prispievajú mechanizmy ako odraz, viacnásobné vnútorné odrazy a absorpcia spojená s vodivosťou a polarizáciou materiálu.

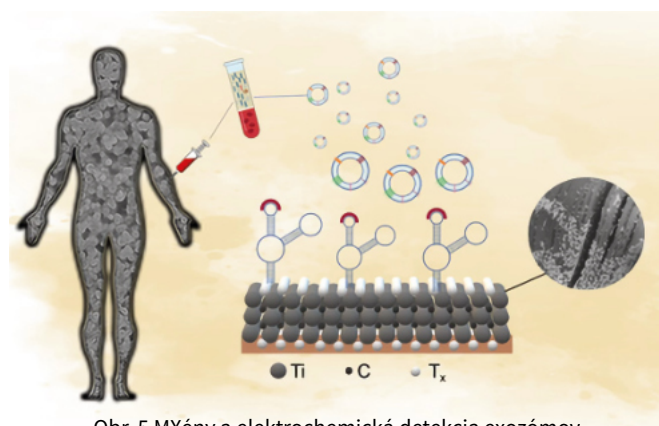
### Katalýza a environmentálne aplikácie

Katalytické vlastnosti MXénov sa využívajú pri vývoji elektrokatalyzátorov pre reakciu vývoja vodíka (HER), reakciu vývoja kyslíka (OER) a redukciu oxidu uhličitého. Ich katalytické správanie možno ovplyvňovať povrchovými termináciami, defektmi, dopovaním alebo tvorbou kompozitov s inými materiálmi.

V environmentálnych aplikáciách sa MXény skúmajú na odstraňovanie znečisťujúcich látok prostredníctvom adsorpcie a membránovej separácie, ako aj na detekciu plynov a ďalších environmentálnych kontaminantov. V kombinácii s vhodnými polovodičmi alebo inými materiálmi sa môžu využívať aj vo fotokatalytických systémoch na degradáciu organických polutantov.

### Optické aplikácie

Optické vlastnosti MXénov umožňujú ich využitie napríklad v povrchovo posilenej Ramanovej spektroskopii (SERS), najmä v kombinácii s kovovými nanočasticami. Nelineárne optické vlastnosti sa skúmajú pri optických modulátoroch a saturovateľných absorbéroch v laserových systémoch. MXény sa skúmajú aj v kombinácii s polovodičmi na prípravu fotodetektorov pracujúcich v UV, viditeľnej a blízkej infračervenej oblasti. Významným obmedzením pri mnohých aplikáciách však zostáva ich citlivosť na oxidáciu.



Obr. 5 MXény a elektrochemická detekcia exozómov.

## MXény v biosenzorických aplikáciách

Biosenzorika predstavuje jednu z perspektívnych oblastí využitia MXénov. Ich vysoká elektrická vodivosť umožňuje efektívny prenos elektrónov, zatiaľ čo veľký špecifický povrch poskytuje priestor na imobilizáciu bioreceptorov. Povrchové terminácie navyše umožňujú chemickú funkcionalizáciu a tvorbu väzieb s biomolekulami.

Jednou z významných aplikácií sú elektrochemické imunosenzory založené na špecifickej interakcii medzi protilátkou a antigénom. Na imobilizáciu protilátok na povrch MXénov možno využiť rôzne stratégie. EDC/NHS chémia umožňuje aktiváciu karboxylových skupín a následnú tvorbu amidových väzieb s aminovými skupinami biomolekul. Ďalšou možnosťou je využitie vysoko afinitnej streptavidín-biotínovej interakcie, ktorá môže umožniť orientovanú imobilizáciu biotinylovaných protilátok. Glutaraldehyd možno použiť ako sieťovacie činidlo na imobilizáciu biomolekul a zlaté nanočastice môžu slúžiť ako platforma na imobilizáciu prostredníctvom väzieb Au—S a zároveň zväčšiť elektrochemicky aktívny povrch elektródy.

### MXénové biosenzory pre nádorové biomarkery

V literatúre boli pomocou MXénových imunosenzorov dosiahnuté veľmi nízke limity detekcie viacerých nádorových biomarkerov, napríklad CA125, CEA, EpCAM a PSA. Pri elektrochemickej detekcii môže väzba antigénu meniť prenos elektrónov na povrchu elektródy a následne viesť k zmene meraného elektrochemického signálu. V jednoduchých konfiguráciách sa často sleduje pokles prúdu po naviazaní analytu pri využití voltampérometrických metód. V sendvičových konfiguráciách môže byť naopak využitá sekundárna protilátka alebo redoxná značka na zosilnenie meraného signálu.

Medzi *metabolické biomarkery* skúmané pomocou MXénových biosenzorov patrí napríklad sarkozín, metabolit skúmaný ako potenciálny biomarker rakoviny prostaty. Enzymatické senzory využívajú enzým sarkozinoxidázu imobilizovanú na MXénových kompozitoch (**Obr. 4**), pričom enzymatická reakcia vedie k tvorbe peroxidu vodíka, ktorý možno následne elektrochemicky detegovať jeho oxidáciou alebo redukciou. V literatúre boli pre tieto systémy dosiahnuté nanomolárne limity detekcie. *MikroRNA* (miRNA) možno pomocou MXénových biosenzorov detegovať na základe hybridizácie cieľovej miRNA s komplementárnou DNA alebo RNA. Táto hybridizácia mení vlastnosti rozhrania elektródy a môže viesť k merateľnej zmene elektrochemického signálu. Na zvýšenie citlivosti sa využívajú aj amplifikačné stratégie, napríklad systémy založené na CRISPR/Cas alebo photo-ATRP. V publikovaných štúdiách boli pri detekcii miRNA-205 a miRNA-21 pomocou týchto prístupov dosiahnuté limity detekcie na attomolárnej úrovni. *Elektrochemiluminiscenčné senzory* predstavujú ďalší detekčný prístup; pre miRNA-31 bol publikovaný limit detekcie 1,67 aM. Takto nízke limity detekcie však treba interpretovať s ohľadom na experimentálne podmienky, použitú amplifikačnú stratégiu a charakter analyzovanej vzorky.

## Naša výskumná činnosť

V rámci našej práce sa zameriavame na prípravu MXénov pomocou rôznych fluoridových prekursorov v systémoch založených na generovaní HF *in situ*, pričom neštudujeme iba tradičný systém LiF/HCl. Osobitnú pozornosť venujeme vplyvu kationu fluoridového prekursora na priebeh leptania a výsledné vlastnosti MXénu. Jednotlivé kationy sa líšia svojou veľkosťou, nábojovou hustotou, chemickými vlastnosťami a redoxnou aktivitou, pričom v použitých fluoridových systémoch sú zastúpené alkalické kovy, prechodné kovy aj ušľachtilé kovy. Následne sa venujeme detailnej charakterizácii pripravených MXénov a štúdiu ich elektrochemických vlastností s cieľom posúdiť ich potenciál pre (bio)senzorické aplikácie.

Ďalšou súčasťou nášho výskumu je úprava MXénových rozhraní s cieľom pripraviť nanokompozitné materiály, ktoré sú nielen stabilnejšie a redoxne aktívnejšie, ale sú takisto vhodné na imobilizáciu biorozpoznávajúcich molekúl, ako sú protilátky a lektíny. Takto funkcionalizované MXénové rozhrania skúmame pre vývoj citlivých nanobiosenzorov s potenciálnym využitím pri detekcii exozómov a glykánov, ktoré predstavujú perspektívne ciele pre vývoj nových diagnostických metód (**Obr. 5**).

V prípade biosenzorov je dôležité nielen dosiahnutie vysokej analytickej citlivosti, ale aj zabezpečiť stabilitu materiálu, selektivitu, re-

produkovateľnosť a spoľahlivú funkciu v komplexných biologických vzorkách. Ďalší vývoj preto bude smerovať nielen k novým MXénom a spôsobom ich syntézy, ale aj k lepšiemu pochopeniu vzťahu medzi podmienkami prípravy, povrchovou chémiou a výslednými funkčnými vlastnosťami materiálu. ●

*Práca bola finančne podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja SR v rámci projektu APVV-22-0345.*

### Odporúčaná literatúra:

1. Naguib M, Kurtoglu M, Presser V, Lu J, Niu J, a kol. 2011. Two-Dimensional Nanocrystals Produced by Exfoliation of  $\text{Ti}_3\text{AlC}_2$ . *Advanced Materials* 23:4248-53.
2. Bi W, Gao G, Li C, Wu G, Cao G. 2024. Synthesis, properties, and applications of MXenes and their composites for electrical energy storage. *Progress in Materials Science* 142:101227.
3. Manasa G, Rout CS. 2024. Versatile MXenes as electrochemical sensors for heavy metal ions and phenolic moiety-containing industrial chemicals: recent development and prospects. *Materials Advances* 5:83-122.
4. Dahlqvist M, Barsoum MW, Rosen J. 2024. MAX phases – Past, present, and future. *Materials Today* 72:1-24.
5. Anasori B, Gogotsi Y. 2022. MXenes: trends, growth, and future directions. *Graphene and 2D Materials* 7:75-9.
6. He L, Zhuang H, Fan Q, Yu P, Wang S, a kol. 2024. Advances and challenges in MXene-based electrocatalysts: unlocking the potential for sustainable energy conversion. *Materials Horizons* 11:4239-55.
7. Shekhirev M, Shuck CE, Sarycheva A, Gogotsi Y. 2021. Characterization of MXenes at every step, from their precursors to single flakes and assembled films. *Progress in Materials Science* 120:100757.
8. Anasori B, Lukatskaya MR, Gogotsi Y. 2017. 2D metal carbides and nitrides (MXenes) for energy storage. *Nature Reviews Materials* 2:16098.
9. Halim J, Cook KM, Naguib M, Eklund P, Gogotsi Y, a kol. 2016. X-ray photoelectron spectroscopy of select multi-layered transition metal carbides (MXenes). *Applied Surface Science* 362:406-17.
10. Sarycheva A, Gogotsi Y. 2020. Raman Spectroscopy Analysis of the Structure and Surface Chemistry of  $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$  MXene. *Chemistry of Materials* 32:3480-8.
11. Saharudin MS, Ayub A, Hasbi S, Muhammad-Sukki F, Shyha I, Inam F. 2023. Recent advances in MXene composites research, applications and opportunities. *Materials Today: Proceedings*.
12. Lorencova L, Bertok T, Dosekova E, Holazova A, Paprckova D, a kol. 2017. Electrochemical performance of  $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$  MXene in aqueous media: towards ultrasensitive  $\text{H}_2\text{O}_2$  sensing. *Electrochimica Acta* 235:471-9.
13. Lorencova L, Bertok T, Filip J, Jerigova M, Velic D, a kol. 2018. Highly stable  $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$  (MXene)/Pt nanoparticles-modified glassy carbon electrode for  $\text{H}_2\text{O}_2$  and small molecules sensing applications. *Sensors and Actuators B: Chemical* 263:360-8.
14. Filip J, Zavahir S, Lorencova L, Bertok T, Yousaf AB, a kol. 2019. Tailoring Electrocatalytic Properties of Pt Nanoparticles Grown on  $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$  MXene Surface. *Journal of The Electrochemical Society* 166:H54.
15. Gajdosova V, Lorencova L, Prochazka M, Omastova M, Micusik M, a kol. 2019. Remarkable differences in the voltammetric response towards hydrogen peroxide, oxygen and  $\text{Ru}(\text{NH}_3)_6^{3+}$  of electrode interfaces modified with HF or LiF-HCl etched  $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$  MXene. *Microchimica Acta* 187:52.
16. Lorencova L, Gajdosova V, Hroncekova S, Bertok T, Blahutova J, a kol. 2019. 2D MXenes as Perspective Immobilization Platforms for Design of Electrochemical Nanobiosensors. *Electroanalysis* 31:1833-4.
17. Aguedo J, Lorencova L, Barath M, Farkas P, Tkac J. 2020. Electrochemical Impedance Spectroscopy on 2D Nanomaterial MXene Modified Interfaces: Application as a Characterization and Transducing Tool. *Chemosensors* 8:127.
18. Lorencova L, Gajdosova V, Hroncekova S, Bertok T, Jerigova M, a kol. 2020. Electrochemical Investigation of Interfacial Properties of  $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$  MXene Modified by Aryldiazonium Betaine Derivatives. *Frontiers in Chemistry* 8: 553.
19. Aguedo J, Pakanova Z, Lorencova L, Nemcovic M, Kasak P, a kol. 2022. MXene as a novel cartridge for N-glycan enrichment. *Analytica Chimica Acta* 1234:340512.
20. Gajdosova VP, Lorencova L, Kasak P, Jerigova M, Velic D, a kol. 2022. Redox features of hexaammineruthenium(III) on MXene modified interface: Three options for affinity biosensing. *Analytica Chimica Acta* 1227:340310.
21. Hroncekova S, Lorencova L, Bertok T, Hires M, Jane E, a kol. 2023. Amperometric Miniaturised Portable Enzymatic Nanobiosensor for the Ultrasensitive Analysis of a Prostate Cancer Biomarker. *Journal of Functional Biomaterials* 14:161.
22. Lorencova L, Kasak P, Kosutova N, Jerigova M, Noskovicova E, a kol. 2024. MXene-based electrochemical devices applied for healthcare applications. *Microchimica Acta* 191:88.
23. Vikartovský A, Košútová N, Lorencová L, Kasák P, Bertók T, Tkáč J. 2025. Cutting-Edge Aptasensing Approaches for Electrochemical Detection of Exosomes Utilizing MXenes. *ChemElectroChem* 12:2400713.
24. Lorencová L, Hrončeková Š, Kasák P, Jerigová M, Orovčík Ľ, Tkáč J. 2025. Direct electron transfer and direct bioelectrocatalysis of sarcosine oxidase on  $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$  MXene hybrid interface. *Emergent Materials* 8:4515-24.



# ChemZi



SLOVENSKÝ ČASOPIS O CHÉMII PRE CHEMICKÉ VZDELÁVANIE, VÝSKUM A PRIEMysel

Ročník 22 Číslo 1 Rok 2026 (jún)

ISSN 1336-7242

## 20. VÝROČIE





## 20 rokov ChemZi

V roku 2005 vyšlo prvé letné číslo časopisu ChemZi, ktoré bolo súčasťou konferenčných materiálov päťdesiatého 57. Zjazdu chemikov vo Vysokých Tatrách. Bolo to poriadne hrubé číslo, pretože obsahovalo aj tlačенú verziu abstraktov príspevkov 650 účastníkov. Tento počet predstavoval jednoznačný rekord v histórii zjazdov chemikov a prvé číslo ChemZi ho zaznamenalo v plnom rozsahu. Na titulnej strane je fotografia hotela Hutník pod Lomnickým štítom, kde sa prvý tatranský zjazd konal.

Šéfredaktorom sa celkom prirodzene stal vtedajší predseda Slovenskej chemickej spoločnosti Dušan Velič. Jeho myšlienka vytvoriť moderný, farebný časopis o chémii, ktorý bude bezplatne dostupný všetkým členom spoločnosti a aj ďalším záujemcom, sa naplnila a pretrvala až dodnes. ChemZi sa za dve desaťročia stalo prirodzenou súčasťou života Slovenskej chemickej spoločnosti. Názov ChemZi nadviazal na tradíciu Chemických zvestí, no od začiatku bolo jasné, že nepôjde o klasický vedecký časopis. Jeho cieľom bolo prinášať aktuálne informácie zo sveta chémie, ale aj pohľad do jej histórie, predstavovať úspešných slovenských i zahraničných chemikov, informovať o úspechoch našich študentov, zaznamenávať udalosti zo života Slovenskej chemickej spoločnosti, približovať zaujímavé odborné témy a chemické firmy a priemysel. Zároveň vytvoril priestor na prezentáciu fakúlt s chemickým zameraním, ústavov Slovenskej akadémie vied, výskumných pracovísk aj spoločností pôsobiacich v oblasti chémie. Záber časopisu je naozaj široký a počas jeho existencie sa na jeho stránkach objavili stovky článkov z najrozmanitejších oblastí chémie.

Keď sme pripravovali prvé číslo, išli sme do toho s presvedčením, že takýto časopis má svoje miesto. Nie preto, aby sme vydali jedno pekné farebné číslo na zjazd, ale preto, lebo sme verili, že si nájde svojich čitateľov a bude mať kontinuitu. Dôležité bolo vytvoriť časopis, ktorý bude ľudí aj baviť. Nebolo však samozrejmé, že sa to podarí. Už pri zrode ChemZi sa objavovali pochybnosti o tom, či má takýto časopis budúcnosť. Dušan Velič o nich v editoriáli prvého čísla písal veľmi otvorene:

„Zainteresovaní vedľa a mnohí iste tušia, že o vytvorení tohto časopisu

sme diskutovali už roky. Nebolo dostatok síl, peňazí alebo ochoty začať. Teraz sme začali, avšak každý vie, že časopis bude mať význam, ak osloví komunitu a komunita ho bude podporovať. Rozbehnúť celú túto akciu stálo veľa síl mňa a mojich pár najbližších súptníkov. Avšak už tu vystupujú hlasy, ktoré pochybujú a hovoria o neúspechu, čo čiste pragmaticky z pohľadu pozitívnej kritiky je tiež v poriadku. Kritickým bodom, kedy sa prekonajú problémy aj oprávnená kritika, je bod počiatočného úspechu. V tomto bode hlasy, ktoré sú protichodné, zosilnejú, lebo pozornosť sa už odkláňa od pochybností a prikláňa sa k progresu. Pochybnostiam stačí nečinnosť, ale k progresu patrí výkon. (...) Slovenskou modifikáciou je tretie riešenie – urputná snaha o elimináciu smerom k neúspechu, aby bola potvrdená pochybnosť o neúspechu a to všetko ako opodstatnené zdôvodnenie. Ako ste si asi všimli, je to dobrý model na ukojenie ješitnosti, avšak nie na existenciu časopisu. A práve preto by som rád použil na záver slová Prof. Gašperika z predslavu prvého čísla Chemických zvestí starého skoro 60 rokov: „Máme pred sebou ťažkú úlohu, preto voláme všetkých kolegov chemikov ku spolupráci.“

Dnes už vieme, že hlasy predpovedajúce ChemZi neúspech pravdu nemali. A práve jeho dvadsaťročná existencia je najlepšou odpoveďou na pochybnosti, ktoré stáli pri jeho začiatkoch. Počas rokov sa zmenila grafická podoba, menili sa ľudia v redakcii a upravil sa aj názov. Jedna vec však zostala rovnaká, a to snaha vytvárať priestor, v ktorom sa môže stretnúť celá slovenská chemická komunita. Chce rozprávať o chémii spôsobom, ktorý je nám prirodzený a ľudský. Všetko, čo v ňom nájdete, vypovedá o nás. Takí sme boli a takí sme.

Počas tých dvadsiatich rokov sme si v redakcii vypočuli všeličo, aj kritiku, ktorej sa nebránime. Niekomu sa nepáčila obálka, niekomu zase článok, s ktorým nesúhlasil. Úplne tomu rozumíme a je zrejmé, že keď čokoľvek robíte, nemôžete vyhovieť všetkým. Každý názor akceptujeme a naša odpoveď zvyklo byť vždy rovnaká. Napíšte nám to a my v nasledujúcom ChemZi váš názor uverejníme. Alebo potom skúste urobiť taký časopis, ktorý sa bude páčiť každému. Ale aby to bolo vyvážené a objektívne, pochvalných a prajných odoziev bolo omnoho

viac a my sme si to vždy nesmierne vážili a sme radi, že sa ChemZi väčšine našich čitateľov páči. Priestor na vaše pripomienky a nápady je stále otvorený.

Všetky čísla v tlačenej podobe máme odložené na sekretariáte Slovenskej chemickej spoločnosti a takisto sú v online podobe na webe <https://schemas.sk/chemzi/>. Keď dnes listujeme jednotlivými číslami ChemZi, nevraciam sa len k článkom, ale aj k udalostiam, ľudom a témam, ktoré sme vtedy pokladali za dôležité. Poďme sa spolu pozrieť, ako plynul čas s ChemZi: 2005 - 2025.

### 2005



Historicky prvé číslo ChemZi malo 296 strán, s farebným logom názvu a trojstĺpcovým formátom pre farebnú časť, dvojstĺpcový bol formát pre čierobiely zborník s abstraktami. Vyšiel v celkovom náklade 1000 kusov. Ústrednou témou prvých dvoch čísel nového časopisu ChemZi bol 57. Zjazd chemikov vo Vysokých Tatrách a príchod nositeľa Nobelovej ceny Ahmeda Zewaila s plenárnou prednáškou. Dnes to už vnímame inak, ale v tých časoch dostať nositeľa Nobelovej ceny z USA na tento typ konferencie na Slovensko, to bol priam husársky kúsok a bolo za tým, pre väčšinu z nás, nepredstaviteľné úsilie. Začala sa aj nová séria prednášok Slovenskej chemickej spoločnosti - Chemické horizonty a ChemZi zadokumentovalo jej prvý ročník.

### 2006

ChemZi pokračuje s nastavenou obsahovou aj grafickou podobou. Z editoriaľu: „Časopis pre slovenskú chemickú komunitu, ktorý práve listujete, prechádza do druhého roka svojej existencie. Pomaly sa rysuje jeho tvár a tá bude na obraz nás všetkých.“





Chemici dostali príležitosť popularizovať a predstaviť chémiu verejnosti v televízii, v relácii Pod lampou. To bol aj motív obálky prvého čísla. Z významných udalostí tohto roka časopis zachytil návštevu nositeľa Nobelovej ceny Barryho Sharplessa v Bratislave, ktorý mal prednášku na Prírodovedeckej fakulte UK a takisto mu bola udelená Veľká zlatá medaila UK. V roku 2006 sa Federácia európskych chemických spoločností (FECS) oficiálne premenovala na EuCheMS (European Association for Chemical and Molecular Sciences) a schválením nových stanov v Belgicku získala právnu subjektivitu. V Budapešti sa v auguste konal prvý európsky chemický kongres, kde vystúpilo 5 nositeľov Nobelovej ceny, 10 pozvaných prednášajúcich, 500 ďalších prezentácií a 1800 prezentovaných posterov. V časopise sa predstavil aj vtedajší nový predseda SCHS Viktor Milata.

## 2007



Rok 2007 sa niesol v duchu ďalšieho zjazdu vo Vysokých Tatrách s očakávaním, že sa zopakuje úspech spred dvoch rokov. Obe čísla boli spojené s 59. Zjazdom chemikov a prvé z nich opäť prinieslo aj zborník abstraktov. Plenárnym prednášateľom bol prof. Gerhard Ertl, budúci nositeľ Nobelovej ceny a získal ju v októbri, mesiac po prednáške na našom zjazde. Pripomenuli sme si 60 rokov od vzniku časopisu Chemické zvesti, už s názvom Chemical Papers, v gescii Chemického ústavu SAV. Avšak vtedy bohužiaľ aj v kontexte jednostranného zrušenia záštity Slovenskej chemickej spoločnosti. Výročí sa slávil v tomto roku viacero: 100. výročie narodenia významného vedca Dionýza Ilkoviča, 70. výročie založenia Slovenskej tech-

nickej univerzity, 100. výročie založenia Maďarskej chemickej spoločnosti, 150 rokov Francúzskej chemickej spoločnosti, 15. výročie založenia Zväzu chemického a farmaceutického priemyslu. Slovenská chemická spoločnosť ustanovila Medailu Daniela Belluša a jej prvými laureátmi sa stali Jozef Tomko a Milan Karvaš.

## 2008



V prvom čísle bol na obálke prof. Ertl, ktorý prijal pozvanie prísť ešte raz na Slovensko, tentokrát na Univerzitu Komenského do Bratislavy. Predstavili sme aj chemické organizácie a spoločnosti na Slovensku a vo svete. Druhé číslo bolo pripravené v znamení nadchádzajúceho 80. výročia založenia Slovenskej chemickej spoločnosti. Prinieslo históriu spoločnosti, prehľad jej medailí a ocenení a program jubilejných osláv. Po voľbách bolo predstavené aj nové predsedníctvo Slovenskej chemickej spoločnosti na obdobie 2009 – 2012 a príhovor nového predsedu Milana Drábika. Pokračujú aj prednášky Chemické horizonty, ktoré sa ujali a majú svoje stále miesto aj v ChemZi. Na obálke druhého čísla je fotka z mozaiky a znázorňuje chemika ako jednu z postáv pracujúcej triedy. Zaujala nás na 60. zjazde chemikov v Olomouci, kde je na námestí unikátny orloj zdobený mozaikou a aj chémia tam má svoje miesto.

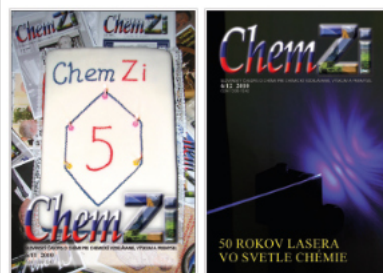
## 2009

Nepárny rok a opäť v duchu blížiaceho sa 61. zjazdu chemikov, ktorý je nosnou témou oboch čísel ChemZi. Novým predsedom SAV sa stal biochemik Jaromír Pastorek, ktorý bol aj plenárnym prednášajúcim na zjazde. Univerzita Komenského slávila 90. výročie svojho založenia. V Bratislave zasadala najvyšší koordinatívny orgán IUPAC – Byro. Slovenská chemická spoločnosť si pripomenula 80 rokov svojej existencie aj na zjazde vo Vysokých Tatrách. Slávnostná torta bola pripravená aj rozkrojená v Grandhoteli Praha v Tatranskej Lomnici. Výročie sprevádzala výstava Míľniky chémie, historické príspevky a prehľad tradície



slovenských chemikov. Vznikla nová odborná skupina - Medicínska chémia.

## 2010



Časopis ChemZi oslávil päť rokov od svojho vzniku a zhodou okolností sa na obálke opäť ocitla torta pripravená k oslave tohto malého výročia. My sme však boli na toto výročie veľmi hrdí, lebo ChemZi si našlo medzi vami miesto a stalo sa spoločným časopisom našej chemickej komunity. Slávili sa aj iné významné jubileá. FCHPT STU aj PriF UK si pripomenuli 70 rokov, odborná skupina Polyméry 40 rokov a Zväz slovenských vedeckotechnických spoločností 20 rokov od svojho založenia. Slovenská chemická spoločnosť sa stala členom vydavateľského konzorcia ChemPub-Soc Europe, bohužiaľ síce neskôr ako bolo treba, ale lepšie ako nikdy, keďže publikačná činnosť neodmysliteľne patrí k chémii a všeobecne k akademickému výskumu. Aj experimentálne techniky majú svoje jubileá. V roku 2010 uplynulo presne 50 rokov od prvej demonštrácie lasera, čo bol motív obálky druhého čísla.

## 2011



Rok sa niesol v znamení osláv Medzi-

národného roka chémie (IYC 2011, International Year of Chemistry) a Slovenská chemická spoločnosť iniciovala vydanie prvej poštovej známky na Slovensku s chemickým motívom. Prvé číslo ChemZi bolo opäť hrubé, obsahovalo aj tlačené abstrakty účastníkov 63. Zjazdu chemikov, ktorý sa už tradične konal v hoteli Hutník vo Vysokých Tatrách. Prezidentka IUPAC Nicole Moreau bola ako plenárna prednášajúca pozvaná na zjazd aj v duchu osláv IYC. Na túto počesť sa konal aj celosvetový chemický experiment s heslom „Voda: chemický roztok, chemické riešenie“, ktorý inicioval IUPAC a na Slovensku prebiehal na základných a stredných školách pod záštitou Slovenskej chemickej spoločnosti. Chemickej téme boli venované aj viaceré popularizačné podujatia.

## 2012



Obálka prvého čísla je venovaná, pre nás chemikov, významnému výročiu - 250 rokov od založenia Baníckej akadémie v Banskej Štiavnici a začiatkov vysokoškolskej výučby chémie na jej pôde. Bola to prvá technická univerzita na svete a my sme na ňu právom hrdí a snažíme sa uchovať túto tradíciu. Predstavili sa kandidáti do voľieb predsedníctva Slovenskej chemickej spoločnosti a Mária Omasťová, ktorá sa od roku 2013 ujme jej vedenia. V odborných článkoch sa predstavila výskumná inštitúcia Medzinárodné laserové centrum. V bratislavskej Inchebe sa po prvýkrát konala špecializovaná výstava laboratórnej techniky, služieb a pomôcok a časopis ChemZi sa stal partnerom tejto výstavy. Medzi tradičnými rubrikami priniesol v druhom čísle aj katalóg tejto výstavy.

## 2013

V tomto roku slávila Slovenská akadémia vied a aj viacero jej ústavov: 60 rokov SAV, 50 rokov Ústavu polymérov a 60 rokov Ústavu anorganickej chémie. Oslavoval aj Ústav chemických vied Prírodovedeckej fakulty UPJŠ, a to 50. výročie vzniku. Všetky



tieto výročia sú, slovami zainteresovaných, zadokumentované aj v našom časopise ChemZi. Zverejnené bolo novozvolené predsedníctvo SCHS na obdobie 2013 – 2016. Keďže opäť bol nepárny rok, Slovenská chemická spoločnosť organizovala ďalší, už 65. Zjazd chemikov vo Vysokých Tatrách. Plenárnu prednášku mala viceprezidentka a výkonná riaditeľka vydavateľstva Wiley-VCH Eva Wille, ktorá stála aj pri zrode európskeho konzorcia odborných časopisov ChemPubSoc. Šéfredaktor, s odvahou jemu vlastnou, napísal kritický článok vo forme otvoreného listu o fungovaní grantovej agentúry VEGA, a to z vlastných, a aj zo skúseností iných. Okrem niektorých rozhorčených slovných reakcií sa však odpovede nedočkal, nie že by sme to reálne očakávali.

## 2014



Tento rok sa niesol opäť v duchu viacerých významných výročí plne zadokumentovaných v našom časopise. Slovenská chemická spoločnosť oslávila 85 rokov od svojho založenia. Chemická olympiáda tiež oslavovala, a to svoj jubilejný 50. ročník na Slovensku. História aj činnosť SCHS a CHO nájdete v druhom čísle roku 2014. V prehľadnom článku sme si pripomínali aj 200. výročie úmrtia Leopolda Antona Ruprechta, profesora Baníckej akadémie v Banskej Štiavnici. Rok 2014 bol zároveň Medzinárodným rokom kryštalografie a tím odborníkov v anorganickej chémii sa podieľal na tvorbe slovenskej poštovej známky, pamätného listu a aj obálky pri tejto príležitosti. Predsedom SCHS na obdobie 2015-2016 bol zvolený Viktor Milata.

## 2015



Hlavnou udalosťou bol 67. Zjazd chemikov, ktorému bola venovaná podstatná časť oboch čísel. Organizovala ho Slovenská chemická spoločnosť opäť vo Vysokých Tatrách, avšak tento rok sa presunul na nové miesto do Starého Smokovca, do hotela Bellevue. Po rokoch bol na zjazde plenárnym prednášajúcim nositeľ Nobelovej ceny, Jean-Marie Lehn. Predsedom SAV sa stal chemik – prof. Pavol Šajgalík. Pripomenuli sme si aj 50 rokov od založenia Katedry anorganickej chémie na Prírodovedeckej fakulte UPJŠ a 25 rokov Zväzu slovenských vedeckotechnických spoločností. ChemZi zmenil vizuál, druhé číslo je už v novom šate, s modernejším grafickým spracovaním. Po Mirke Svrbíkovéj, ktorá robila grafiku 10 rokov, prišiel do tímu ChemZi Daniel Repovský. Obsah ostal nezmenený a tvorený aj vami, našimi pravidelnými aj občasnými prispievateľmi.

## 2016



Pokračujeme v novom šate s periodickou tabuľkou na obálke, so štyrmi novými prvkami a s návrhmi ich názvov vydaných v tlačovej správe IUPAC. Tento rok slávili rovnaké, 25. výročie Zväzu chemického a farmaceutického priemyslu SR a firma SYNKOLA, spriaznené so Slovenskou chemickou spoločnosťou. Pripomenuli sme si aj 50 rokov od založenia Katedry organickej chémie na Prírodovedeckej fakulte UPJŠ. Avšak tento rok bol aj v znamení smútku, opustila nás Marta Sališová, bývalá predsedníčka Slovenskej chemickej spoločnosti a dlhoročná a nenahraditeľná členka



predsedníctva. Ak by bolo treba opísať Martu jedným slovom, väčšine z nás by hneď napadlo - dobrá. Jej bolo venované druhé číslo v roku 2016, kde ste sa dočítali všetko podstatné, čo nielen pre Slovenskú chemickú spoločnosť a chémiu, urobila.

## 2017



V súťaži o cenu Vedec roka a Mladá osobnosť roka zvíťazili chemici. Vedkyňou roka sa stala naša bývalá predsedníčka Mária Omastová. Na stránkach ChemZi ste sa mohli dočítať zaujímavé informácie mapujúce jej kariéru vo vede. Prof. Pavol Šajgalík bol opäť zvolený na ďalšie obdobie na čelo SAV. Ako každý nepárny rok, Slovenská chemická spoločnosť organizovala už 69. Zjazd chemikov v hoteli Bellevue vo Vysokých Tatrách a plenárnym prednášajúcim bol staronový predseda SAV. Prvé číslo v roku 2017 bolo zároveň aj posledným hrubým číslom ChemZi, kedy boli jeho súčasťou všetky abstrakty účastníkov zjazdu. Marte Sališovej bolo udelené čestné občianstvo in memoriam v jej rodnom meste Liptovský Mikuláš. Tento rok sa taktiež uskutočnila už 40. Letná škola chemikov, ktorej činnosti boli venované tri články. A ako vždy, mnoho ďalších informácií zo sveta chémie.

## 2018



V roku 2018 sme opäť smútili, a to za našou milou Zuzkou Hlouškovou, ktorá bola dlhoročná hospodárka Slovenskej chemickej spoločnosti, naša kamarátka a zároveň veľmi obľúbená u širokého počtu ľudí. Zuzka riešila financie pre Slovenskú chemickú spoločnosť, naše zjazdy chemikov

a aj množstvo ďalších konferencií. Všetko, čo sa týkalo peňazí, mala pod palcom a javilo sa ako bezproblémové, aj keď vieme, že to tak nebolo. To Zuzka bola taká skvelá. Jubilejná 50. Medzinárodná chemická olympiáda sa vrátila tam, kde sa to všetko začalo. A to na Slovensko a do Česka, kde prípravy na túto významnú akciu trvali dva roky. O tom, ako sa Bratislava a Praha dôstojne popasovali s touto organizačne náročnou úlohou, ste sa mohli dočítať v druhom čísle ChemZi. Na počesť tejto udalosti Slovenská pošta vydala ďalšiu špeciálnu poštovú známku s chemickým motívom.

## 2019



Nepárne roky v časopise ChemZi zvyčajne patrili vo veľkej miere zjazdom vo Vysokých Tatrách. Tento rok sa niesol v duchu 71. Zjazdu chemikov, avšak už bez čiernobielej časti, ktorá zvyčajne obsahovala stovky abstraktov účastníkov. Tieto čísla časopisu boli tak trochu exkluzívne pre účastníkov zjazdov a neboli distribuované poštou ako ostatné čísla. Tentokrát boli abstrakty v konferenčných materiáloch na USB kľúčoch a tak trochu nám v redakcii chýbalo to poriadne hrubé číslo, raz za dva roky. Plenárny prednášajúci zjazdu bol Prof. Ben Feringa a tak sme mali opäť vzácnu príležitosť osobne stretnúť nositeľa Nobelovej ceny. Aj viacerí naši slovenskí chemici žali úspechy a prvé tohtoročné číslo prinieslo ich príbehy. Oslavovala sa aj storočnica IUPAC a Medzinárodný rok periodickej tabuľky. Predstavila sa aj nová predsedníčka Slovenskej chemickej spoločnosti, na obdobie 2020-2022, Monika Jerigová, nástupkyňa prof. Petra Šimona.

## 2020

Hlavnou témou roka bola pandémia COVID-19, ktorá prerušila bežný chod všetkých našich podujatí, odborných aj spoločenských. Veľká časť komunikácie sa presunula do online priestoru a nám chýbali osobné stretnutia s kolegami a kamarátmi. Aj napriek tejto nepriaznivej situácii časopis ChemZi vyšiel ako obvyčajne a bol



rozoslaný všetkým čitateľom. V akademickom roku 2019/2020 Slovenská chemická spoločnosť vyhlásila súťaž o cenu za najlepšiu diplomovú prácu na fakultách s výučbou chémie na Slovensku. V prvom ročníku súťaže sa zapojili fakulty z Bratislavy, Košíc a Banskej Bystrice a všetko sa dočítate v prvom tohtoročnom čísle. Takisto v tomto roku SCHS udelila prvýkrát ceny aj na študentských vedeckých konferenciách. EuChemS oslavovala 50 rokov od založenia a FCHPT STU 80 rokov. Týmto rokom sa niesli aj nové definície základných jednotiek SI a jedna z nich spojená s osobnosťou Amedea Avogadra, ktorého všetci chemici dôverne poznajú. Predstavilo sa aj nové predsedníctvo na obdobie 2021-2024.

## 2021



Po poriadnych nervoch organizátorov kvôli pretrvávajúcej pandémie a takzvanému covidovému semaforu sa uskutočnil 73. Zjazd chemikov, ktorý bol nosnou témou časopisu v roku 2021. Ako už tradične, stretli sme sa vo Vysokých Tatrách v hoteli Bellevue a účasť predčila všetky naše očakávania, čo nás nesmierne tešilo. Plenárnym prednášajúcim bol Dr. Pavol Čekan so svojou prednáškou na aktuálnu tému tohto obdobia. Na počesť našej milej kolegyně, veľkej podporovateľky študentov a mladých, sme na zjazde vyhlásili súťaž Cena Marty Sališovej.

Témou tohto roka bol aj vodík ako palivo budúcnosti, preto sme v ChemZi uverejnili článok o tejto technológii. Slovenská chemická spoločnosť sa predstavila aj ako súčasť vydavateľského združenia Chemistry Europe (pôvodný ChemPubSoc).

## 2022



Slovenská chemická spoločnosť sa zúčastnila osláv storočnice stredného chemického školstva v Banskej Štiavnici na SPŠ Samuela Mikovíniho, s ktorou sme nadviazali bližší kontakt v roku 2020. Berieme ju v istom zmysle aj ako nasledovníčku už viackrát spomínanej Baníckej akadémie. Ústav polymérov SAV oslavil šesťdesiat rokov a Ústav analytickej chémie FCHPT STU osemdesiat rokov. Pri tejto príležitosti bolo prvýkrát udeľené aj nové ocenenie Slovenskej chemickej spoločnosti, Medaila Dobroslava Prístavku. V roku 2022 bolo v súťaži ESET Science Award medzi nominovanými aj ocenenými viacero našich kolegov chemikov a biochemikov, ktorí sa zároveň stali motívom obálky druhého čísla.

## 2023



Tento rok výrazne poznačilo náhle úmrtie zakladateľa a dlhoročného šéfredaktora časopisu ChemZi Dušana Veliča. V minulosti ako predseda Slovenskej chemickej spoločnosti priniesol mnoho pozitívnych zmien a nápadov, ktoré prešli skúškou času a sú tu dodnes s nami. Za Slovenskú chemickú spoločnosť to sú jej tri základné piliere: ChemZi, Zjazdy chemikov vo Vysokých Tatrách a Chemické horizonty. Na stránkach ChemZi na neho spomínali kolegovia a kamaráti, a to nielen ako na vedca a pedagóga, v posledných rokoch aj ako na politika, ale predovšetkým ako ho poznali a vnímali ako človeka. V tomto roku sa konal 75. zjazd chemikov, už desiaty v poradí a v duchu tradície vo Vysokých Tatrách v hoteli Bellevue. Plénarným

prednášajúcim bol pôvodcom Slovák Prof. Phillip Kukura pôsobiaci na University of Oxford. Pripomenuli sme si aj 60. výročie Ústavu polymérov SAV. Pozíciu šéfredaktorky ChemZi prevzala Monika Jerigová.

## 2024



Časopis ChemZi sa premenoval na ChemZi – Chemické zvesti. V spolupráci s Chemickým ústavom SAV sme sa vrátili k názvu, ktorý patril nášmu pôvodnému časopisu s históriou až do roku 1947. Zasiahla nás aj ďalšia smutná správa, keď nás opustila bývalá predsedníčka a aj organizátorka zjazdov v rokoch 2015 - 2019, Mária Omastová. Spomienkam na ňu boli venované prvé strany časopisu. Naopak pozitívnu správou bolo ocenenie Slovenka roka 2024 pre našu kolegyňu Lenku Lorencovú. Slovenská chemická spoločnosť vstúpila do Zväzu slovenských vedeckotechnických spoločností a novembrové voľby priniesli nové predsedníctvo na ďalšie funkčné obdobie 2025 - 2028. Predseda Slovenskej chemickej spoločnosti prof. Ľubomír Švorc sa stal Osobnosťou vedy a techniky 2024.

## 2025



V tomto roku ubehlo 20 rokov od vydania prvého čísla ChemZi. Už tradične sa nepárny rok niesol v duchu organizácie v poradí už 77. Zjazdu chemikov a už šiestykrát v hoteli Bellevue vo Vysokých Tatrách. Plénarným prednášajúcim bol nový predseda SAV Martin Venhart. Zjazd priniesol aj novinku v podobe Workshopu Metrohm, ktorý bol vyvrcholením spolupráce Slovenskej chemickej spoločnosti

predovšetkým s Metrohm Česká republika. Táto spolupráca sa v posledných rokoch úspešne rozvíja bez ohľadu na hranice našich dvoch republík. Túto významnú podporu si veľmi vážime a uvedomujeme si, že rozhodne nie je samozrejmosťou. Úspech workshopu bol jej najlepším potvrdením. Tento rok bol vyhlásený za Medzinárodný rok kvantovej vedy a techniky na počesť 100. výročia vzniku kvantovej mechaniky. Predseda Slovenskej chemickej spoločnosti prof. Ľubomír Švorc zožal ďalší úspech v podobe ESET Science Award a čestný predseda prof. Viktor Milata bol ocenený Plaketou za rozvoj spolupráce od oboch Zväzov vedeckotechnických spoločností, slovenského aj českého. Katedra fyzikálnej chémie PF UPJŠ v Košiciach slávila 60 rokov od svojho vzniku.

## Naša súčasná redakčná rada

Redakčná rada je tvorená zástupcami predovšetkým z Predsedníctva alebo Výboru Slovenskej chemickej spoločnosti a je koncipovaná tak, že každý člen zodpovedá za články o diani na vedeckej inštitúcii alebo fakulte s výučbou chémie, alebo konkrétnu oblasť a tematiku článkov. V nasledujúcich riadkoch sa vám predstavia členovia našej redakčnej rady, každý svojím vlastným štýlom a slovami.

Šéfredaktorka  
Monika Jerigová

Predtým dlhoročná redaktorka, od založenia časopisu, a od roku 2023 šéfredaktorka. Zodpovedá za obsah a aj za konečnú grafickú verziu časopisu. A na konci aj za tlač a distribúciu čitateľom.

Keď beriem do rúk nové vytlačené číslo, vždy v ňom nájdem niečo, čo by som urobila už trochu inak. To je asi prirodzené pri práci, na ktorej človeku záleží. Z každého nového čísla mám však vždy radosť a aj dobrý pocit.



Zároveň verím, že naši čitatelia vnímajú nielen obsah, ale aj úprimnú snahu, s akou je každé číslo pripravované. Radi uverejňujeme aj vaše články o chémii. Do nášho časopisu patrí všetko, čo súvisí s chémiou, vzdelávaním, vedou a výskumom a aj dianím na Slovensku. Naozaj si nepamätám, že by sme niekedy počas existencie nášho časopisu odmietli uverejniť článok, aj keď zároveň sa nemusíme nutne stotožňovať s obsahom každého z nich. Tak prosím ostaňte s nami a píšete do ChemZi – Chemické zvesti tak, ako doteraz.

Pri písaní tohto článku som mala pred sebou na stole všetky čísla. ChemZi, listovala a čítala som si z nich. Je to poriadna dávka nostalgie a histórie, všetky tie články, fotky, mená, udalosti. Ale to tak máme všetci, keď sa pozrieme späť v čase na svoju prácu alebo na niečo, čo máme radi a postupne sa to mení, vyvíja. Niektoré články som spontánne odfotila a poslala ako spomienku ľuďom, ktorých som vtedy ešte nepoznala a teraz som ich našla v starších ročníkoch. Vtedy ešte ako študentov alebo mladých, na začiatku svojej kariéry a teraz etablovaných v rôznych inštitúciách alebo spoločnostiach. Mnohé tváre z ChemZi však už naopak s nami nie sú a to je zase tá smutná stránka tohto výletu do minulosti. Takisto vo všetkých číslach vidieť 20-ročný vývoj nielen našich spoločných zjazdov chemikov ale celkovo aj vývoj Slovenskej chemickej spoločnosti. Vždy je len na nás, akú cestu si s číslom svedomím zvolíme a ako sa dokážeme vyrovnávať so zmenami, ktoré čas prirodzene prináša. Čo si z minulosti uchováme, čo dokážeme prijať a čo sme pripravení zmeniť, aby sme mohli pokračovať ďalej.

#### Redaktori Dalma Gyepesová



Dalma ako vedecká tajomníčka Slovenskej chemickej spoločnosti je v redakcii časopisu od samého začiatku. Prinášala vám aktuality a dianie, no-

vých členov našej spoločnosti a aj významné životné jubileá našich členov. Dnes je čestnou členkou redakčnej rady.

#### Lenka Lorencová



Lenka Lorencová pôsobí ako vedecká pracovníčka v Chemickom ústave Slovenskej akadémie vied, v. v. i., v Bratislave od roku 2016. Jej výskumné zameranie zahŕňa pokročilé elektrochemické charakterizačné metódy, návrh elektrochemických biosenzorov, materiálovú vedu a nanotechnológie. Podporuje svoje kolegyne a kolegov zo Slovenskej akadémie vied a svojimi príspevkami v časopise ChemZi – Chemické Zvesti sa snaží v prvom rade podeliť so širokou slovenskou chemickou komunitou o aktuálne témy a problematiku, ktorým sa venujú v rámci pestrej výskumnej činnosti. Píše a spolupracuje na článkoch o vedecko-popularizačných akciách SAV, vrátane letných škôl ako i zaujímavých zistení pri vypracovaní študentských prác v rámci stredoškolskej odbornej činnosti. Nechýbajú ani informácie o priebehu organizovaných konferencií a sympózií nesúcich si svoju unikátnu tradíciu. Okrem toho zdieľa informácie prostredníctvom svojich aktivít a pôsobenia v rôznych organizáciách spájajúcich chemikov z celého sveta a nakoniec aj dôležitú spätnú väzbu, ktorú vedci SAV dostávajú za svoju snahu a výsledky svojej práce.

#### Viktor Milata

Viktor Milata pôsobí v Redakčnej rade ChemZi od začiatku a bol pokračovateľom myšlienky premeny ChemZi na Chemické zvesti – jediného slovenského chemického časopisu založeného Spolkom chemikov Slovákov, jedným z predchodcov dnešnej Slovenskej chemickej spoločnosti (SChemS). Za úspech považuje nájdenie konsenzu s majiteľom značky Chemické zvesti a zachovanie názvu časopisu pre chemickú komunitu aj do budúcnosti.



Zaoberá sa monitorovaním aktivít SChemS, konferencií, nových kníh, jubileí, históriou a správ z benefičných koncertov „Šošovka“ a i.

#### Jela Nociarová



Jela Nociarová pôsobí na Katedre chémie Fakulty prírodných vied UMB, kde sa venuje výskumu fluorescenčných organických zlúčenín. V rámci redakčnej rady ChemZi – Chemické Zvesti píše príspevky o podujatiach pre mládež so záujmom o chémiu, najmä o Letnej škole chemikov a o Chemickej olympiáde.

#### Ján Reguli



Ján Reguli vyštudoval fyzikálnu chémiu na STU, pracoval na FCHPT STU v Bratislave a na Pedagogickej fakulte Trnavskej univerzity v Trnave, kde sa venoval inovácii vysokoškolskej prípravy učiteľov chémie a popri Fyzi-

kálnej chémii zaviedol predmety Neformálne vzdelávanie a komunikácia vedy, Spotrebiteľská chémia a Angličtina pre učiteľov chémie. V 90. rokoch sa podieľal na tvorbe interaktívnych výstav projektu SCHOLA LUDUS. Na FCHPT STU vyše 20 rokov organizoval študentské vedecké konferencie, od roku 1994 bol 30 rokov autorom úloh Chemickej olympiády z fyzikálnej chémie. 20 rokov bol garantom odborného programu Letnej školy chemikov. Ako predseda odbornej skupiny pre vyučovanie chémie bol členom Divízie pre chemické vzdelávanie EuChemS. Od roku 2013 do 2020 bol členom predsedníctva SChemS. Napísal viacero vzdelávacích materiálov a učebníc. Fyzikálna chémia pre bakalárske štúdium je v súčasnosti základnou študijnou literatúrou na viacerých slovenských univerzitách. V roku 2020 k nej pribudla Zbierka riešených úloh z fyzikálnej chémie v elektronickej forme. Cieľom uvedených aktivít a publikácií bola popularizácia chémie, zlepšenie jej obrazu v očiach verejnosti, podpora chemickej gramotnosti obyvateľstva a tiež poukazovanie na to, že chémia nepredstavuje ohrozenie, ale naopak prostriedok na ochranu nášho životného prostredia. S týmto poslanstvom vyšla v roku 2018 aj rozsiahla učebnica (ako návrh zmeny obsahu vyučovania stredoškolskej chémie) J. Reguli a kol.: Chémia a spoločnosť. Ako člen redakčnej rady ChemZi – Chemické zvesti v súčasnosti prispieva článkami z oblasti histórie chémie.

Peter Šimon



V ChemZi – Chemické zvesti publikuje ako autor alebo spoluautor články odborného aj spoločenského charakteru. Peter Šimon je bývalý predseda Slovenskej chemickej spoločnosti, v súčasnosti člen predsedníctva a emeritný profesor Oddelenia fyzikálnej chémie FCHPT STU.

Lubomír Švorc



Lubomír Švorc pôsobí na Ústave analytickej chémie Fakulty chemickej a potravinárskej technológie STU v Bratislave. Do časopisu ChemZi – Chemické zvesti prispieva odbornými a popularizačnými článkami z oblasti analytickej chémie a elektrochemických senzorov. Ako predseda Slovenskej chemickej spoločnosti zároveň informuje o jej činnosti, významných podujatiach, oceneniach a ďalších udalostiach zo života slovenskej chemickej komunity. V redakčnej rade sa tak podieľa najmä na prepájaní odborných tém s aktuálnym dňaním v Slovenskej chemickej spoločnosti. ChemZi – Chemické zvesti vníma ako dôležitý priestor na vzájomné informovanie chemikov z akademického prostredia, školstva a praxe, ako aj na približovanie chémie širšej verejnosti.

Grafická úprava  
Daniel Repovský

S časopisom ChemZi spolupracujem od druhého čísla v roku 2014 a toto číslo je mojím 24., na ktorom som sa podieľal. Som autorom jeho grafickej podoby a starám sa o to, aby odborný obsah dostal prehľadnú a vizuálne príťažlivú formu. Vyštudoval som fyzikálnu a teoretickú chémiu na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave, kde som sa venoval najmä charakterizácii polymérnych filmov pomocou

atómovej silovej mikroskopie pod vedením prof. Dušana Veliča. Hoci dnes profesionálne pôsobím mimo vedy a chémie, ChemZi pre mňa zostáva trvalým spojením s týmto prostredím a po rokoch aj srdcovou záležitosťou.

Fotograf  
Miroslav Michalka

ChemZi a ja. Od prvého čísla ChemZi v roku 2005 až dodnes. Prvá fotografia na obálke, prvý zborník abstraktov zo zjazdu. Postupne sa ChemZi stalo súčasťou viacerých mojich aktivít. Rok čo rok fotím zjazdy, tvorím koláže, editujem zborníky abstraktov. Niekedy intenzívnejšie, inokedy len zľahka. Ale stále spolu.

Aká je vízia ChemZi – Chemické zvesti do budúcnosti? V čase, keď mnoho odborných chemických časopisov prechádza do elektronickej podoby, my chceme zachovať tlačeneé vydanie ChemZi. Veríme, že papierový časopis má stále svoje miesto a že mnohí čitatelia si ho radi prelistujú, odložia do knižnice alebo sa k článkom vracajú aj po rokoch. Tlačeneé čísla vytvárajú trvalý záznam o živote slovenskej chemickej komunity. Zároveň chceme naplno využívať aj výhody digitálneho prostredia. Elektronická verzia časopisu a voľne dostupný archív umožňujú vyhľadávanie článkov a sprístupňujú obsah širšiemu okruhu čitateľov na Slovensku aj v zahraničí.

Aj v nasledujúcich rokoch si želáme, aby časopis ChemZi zostal miestom, kde sa stretáva akademická obec, školy, priemysel, firmy a aj mladá generácia chemikov. Naším cieľom je zachovať jeho grafickú úroveň a aj náplň, prinášať aktuálne informácie z chemickej komunity a pokračovať v tradícii, ktorú sa podarilo vybudovať za uplynulých dvadsať rokov.

M. Jerigová  
[monika.jerigova@uniba.sk](mailto:monika.jerigova@uniba.sk)





## Staň sa členom SCHS!

Slovenská chemická spoločnosť (SCHS) je jednou z najvýznamnejších a najstarších odborných organizácií na Slovensku, založená v roku 1929. Podporuje rozvoj chémie v spoločnosti, koordinuje spoluprácu, propaguje výsledky, organizuje odborné podujatia, poskytuje expertízy a podieľa sa na vyučovaní chémie.

### Výhody členstva:

- stavovská príslušnosť
- sprostredkovanie členstiev a zliav (IUPAC, EuChemS, ACS, ECTN, ZCHFP)
- bezplatný odbor časopisu ChemZi a publikovanie v ňom
- finančná podpora mladých na konferenciách
- účasť na odborných podujatiach so zľavou
- európska notifikácia titulu EurChem
- byť navrhnutý na ocenenia
- 20% zľava vo výdavkoch VEDA
- koľtektívne členstvo pre firmy

### Členská prihláška je na:

[http://www.schs.sk/images/schs/Clenska\\_prihlaska.pdf](http://www.schs.sk/images/schs/Clenska_prihlaska.pdf)



### Za Zuzkou Houškovou

N... Zuzana Houšková je členkou SCHS a zúčastňuje sa na rôznych podujatiach. Je tiež členkou výboru SCHS a zúčastňuje sa na rôznych podujatiach. Je tiež členkou výboru SCHS a zúčastňuje sa na rôznych podujatiach.



### Vodík - palivo budúcnosti

V... Vodík je palivo budúcnosti. Je čisto, efektívne a neznečišťa. Je palivo budúcnosti. Je čisto, efektívne a neznečišťa. Je palivo budúcnosti. Je čisto, efektívne a neznečišťa.



### Evropské chemické časopisy

K... Evropské chemické časopisy sú dôležité pre chemikov. Sú dôležité pre chemikov. Sú dôležité pre chemikov. Sú dôležité pre chemikov. Sú dôležité pre chemikov.



### 7th Bratislava Young BY



### 281

281... 281... 281...

### 285

285... 285... 285...

### 286

286... 286... 286...

### 287

287... 287... 287...

### 289

289... 289... 289...

### 291

291... 291... 291...

### 292

292... 292... 292...

### 293

293... 293... 293...

### 295

295... 295... 295...

### 297

297... 297... 297...

### 299

299... 299... 299...

### 300

300... 300... 300...

### 306

306... 306... 306...

### 307

307... 307... 307...

### 308

308... 308... 308...

### 310

310... 310... 310...

### 311

311... 311... 311...

### 312

312... 312... 312...

### 313

313... 313... 313...

### 314

314... 314... 314...

### 315

315... 315... 315...

### 316

316... 316... 316...

### 317

317... 317... 317...

### 318

318... 318... 318...

### 319

319... 319... 319...

### 320

320... 320... 320...

### 321

321... 321... 321...

### 322

322... 322... 322...

### 323

323... 323... 323...

### 324

324... 324... 324...

### 325

325... 325... 325...

### 326

326... 326... 326...

## IUPAC Periodic Table of the Elements

Copyright © 2011 by Pearson Education, Inc. All rights reserved.

302

Book 11: A Handbook of Chemistry

17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000

305

Book 11: A Handbook of Chemistry

17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000

308

Book 11: A Handbook of Chemistry

17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000

311

Book 11: A Handbook of Chemistry

17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108





# Metrohm

demonstrační laboratoř



Česká Republika, Praha  
[www.metrohm.cz](http://www.metrohm.cz)

Slovensko, Bratislava  
[www.metrohm.sk](http://www.metrohm.sk)

