

Prázdninová letní škola

NANO2022

15. - 19. srpna 2022



Ústav fyzikální chemie
J. Heyrovského

Letní škola NANO2022

*Letní školu na téma
Nanotechnologie a nanomateriály
pro talentované středoškolské studenty z celé ČR*

organizuje
tým PEXED vzdělávacího a popularizačního
programu ÚFCH J. Heyrovského s názvem *Tři nástroje*

**Sborník textů k přednáškám,
praktickým cvičením a workshopům**

předneseným na letní škole NANO2022
ve dnech 15. - 19. srpna 2022
v ÚFCH J. Heyrovského AV ČR, v.v.i.

<http://www.3nastroje.cz>



**Sborník prázdninové letní školy
NANO2022
konané 15. - 19. srpna 2022
v ÚFCH J. Heyrovského AV ČR, v.v.i.**

Kolektiv autorů

Sestavila: Ing. Květa Stejskalová, CSc.

Vydává: Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i. Dolejškova 2155/3,

182 00 Praha 8, Česká republika

182 00 Praha 8

Vydání: první

Místo a rok vydání: Praha, 2022

© 2022, Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i.

ISBN 978-80-87351-61-1 (E-book)

Škola byla podpořena projektem „Věda nanečisto: celoroční programy ÚFCH JH rozvíjí nadání a tvořivost žáků“, (reg. č. 0007/7/NAD/2022) a projektem „Rozvoj kapacit ÚFCH JH, v. v. i. pro výzkum a vývoj“ (reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_028/0006251).

Letní škola NANO2022

Program

jíž tradiční letní školy na téma "Nanotechnologie a nanomateriály"
pořádané vědci ÚFCH JH pro vybrané talentované středoškolské studenty z celé ČR.

Na podpoře školy se podílejí:

- projekt „Věda nanečisto: celoroční programy ÚFCH JH rozvíjí nadání a tvořivost žáků“, (reg. č. 0007/7/NAD/2022) financovaný MŠMT a
- projekt „Rozvoj kapacit ÚFCH JH, v. v. i. pro výzkum a vývoj“ (reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_028/0006251) financovaný MŠMT a EU.

Spolupořadatelé školy jsou:

Nadační fond J. Heyrovského a společnost Metrohm Česká republika, s.r.o.

Pondělí 15.8.2022

9:30 - 11:00 - Zahájení letní prázdninové školy

Registrace, přivítání účastníků, představení realizačního týmu školy PEXED
(posluchárna Rudolfa Brdičky ÚFCH J. Heyrovského AV ČR, v.v.i., Dolejškova ul. 3, Praha 8;
zajišťuje: Ing. K. Stejskalová, Ph.D. a L. Šimaňok)

11:00 - 11:45 - Úvodní slovo k organizaci letní školy a jejímu programu, stručné představení současné vědy a výzkumu v ústavu
Ing. Květoslava Stejskalová, Ph.D. (posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

12:00 – 13:10 - Přestávka na oběd (akademická jídelna Slovanka v areálu ústavů)

13:15 - 14:45 - Praktické ukázky měření v laboratořích (studenti po 4 skupinách)
(Rozvedení skupin studentů do laboratoří zajišťuje Ing. K. Stejskalová, Ph.D. a L. Šimaňok)

Skupina 1 absolvuje praktikum IV

Skupina 2 absolvuje praktikum V

Skupina 3 absolvuje praktikum VII

Skupina 4 absolvuje praktikum VIII

Zaměření praktik a cvičící lektori – viz list v závěru programu.



Letní škola NANO2022

15:00 - 16:00 - - Přednáška (představující obor nanotechnologie)

Lukáš Šímaňok: Úvod do světa nanotechnologií: Nanotechnologie aneb co je malé, je i dobré?

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

16:00- Diskuse k prvnímu dni školy, představení programu druhého dne školy

Rozdělení nanoprojektů týmům - info k jejich zpracování a prezentaci, jež proběhne v pátek 19.8., poté ukončení programu a přesun 15 mimopražských studentů do Hostelu Praha Ládví (15 minut pěšky od ústavu; 5 minut od metra C stanice Ládví) *(doprovází a zajišťuje Ing. K. Stejskalová, Ph.D.)*

Úterý 16. 8. 2022

8:50 - Zahájení druhého dne školy

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí; zajišťuje: Ing. K. Stejskalová, Ph.D.)

9:00 - 10:00 - Přednáška (externisty, odborníka aplikačního výzkumu v oboru elektrochemie a materiálové chemie)

Mgr. Jakub Reiter, Ph.D. (InoBat Auto Slovakia): Jak vyrobit baterii do auta a jak jich vyrobit milion a prodat je?

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

10:15 - 11:45 - Praktické ukázky měření v laboratořích (studenti po 4 skupinách)

(Rozvedení skupin studentů do laboratoří zajišťuje Ing. K. Stejskalová, Ph.D. a L. Šímaňok)

Skupina 1 a 2 společně absolvují *workshop na téma Bílkoviny a cukry* (EDU laboratoř a učebna)

Skupina 3 absolvuje praktikum VI

Skupina 4 absolvuje praktikum IX

Zaměření praktik a cvičící lektori – viz list v závěru programu.

12:00 – 13:10 - Přestávka na oběd (akademická jídelna Slovanka v areálu ústavů) **a práce týmů na projektech**

13:15 - 14:45 - Praktické ukázky měření v laboratořích (studenti po 4 skupinách)

(Rozvedení skupin studentů do laboratoří zajišťuje Ing. K. Stejskalová, Ph.D. a L. Šímaňok)

Skupina 1 absolvuje praktikum V

Skupina 2 absolvuje praktikum IX

Skupina 3 absolvuje praktikum VIII

Skupina 4 absolvuje praktikum VI

Zaměření praktik a cvičící lektori – viz list v závěru programu.

15:00-16:00 - Přednáška (z oboru historie ústavu a chemie)

Ing. Květoslava Stejskalová, Ph.D.: Jaroslav Heyrovský, cesta k Nobelově ceně přes padající kapky rtuti

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

16:00-17:00 Přednáška (externisty, doktoranda z oboru fyziky a astronomie)

Mgr. Pavel Váňa: (Ne)Standardní model částicového fyzika – od hvězd přes meteority až k částicím

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

Letní škola NANO2022

17:00 - Ukončení druhého dne školy

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí; zajišťuje: Ing. K. Stejskalová, Ph.D.)



Středa 17. 8. 2022

8:50 - Zahájení třetího dne školy

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí; zajišťuje: Ing. K. Stejskalová, Ph.D.)

9:00 - 10:00 - Přednáška (z oboru chemické fyziky)

Mgr. Ondřej Votava, Ph.D.: Světlo jako sonda pro zkoumání vlastností systému

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

10:15 - 11:45 - Praktické ukázky měření v laboratořích a workshop (studenti po 4 skupinách) (Rozvedení skupin studentů do laboratoří zajišťuje Ing. K. Stejskalová, Ph.D. a L. Šimaňok)

Skupina 1 a 2 společně v EDU učebně absolvují *workshop z forenzní analýzy*

Skupina 3 absolvuje praktikum IV

Skupina 4 absolvuje praktikum VII

Zaměření praktik a cvičící lektori – viz list v závěru programu.

12:00 – 13:10 - Přestávka na oběd (akademická jídelna Slovanka v areálu ústavů) a **práce týmů na projektech**

13:15 - 14:45 - Praktické ukázky měření v laboratořích a workshop (studenti po 4 skupinách) (Rozvedení skupin studentů do laboratoří zajišťuje Ing. K. Stejskalová, Ph.D. a L. Šimaňok)

Skupina 1 absolvuje praktikum III

Skupina 2 absolvuje praktikum I

Skupina 3 a 4 společně v EDU učebně absolvují *workshop z forenzní analýzy*

Zaměření praktik a cvičící lektori – viz list v závěru programu.

Letní škola NANO2022

15:00 - 16:00 – Odpolední povídání s Olgou Ryparovou, realizátorkou projektů Olinium - prezentace a diskuse o netradiční výuce chemie a popularizaci chemie mezi mladými
(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

16:00 – 17:00 Práce týmů na projektech a poté ukončení třetího dne školy
(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí, předsálí a vestibul; zajišťuje: Ing. K. Stejskalová, Ph.D.)



Čtvrtek 18.8.2022

8:50 - Zahájení čtvrtého dne školy
(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí; zajišťuje: Ing. K. Stejskalová, Ph.D.)

9:00 - 10:00 - Přednáška (z oboru biofyzikální chemie)
Mgr. Jan Sýkora, Ph. D.: Fluorescence - se světlem za tajemstvím látek a jejich barev...
(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

10:15 - 11:45 - Praktické ukázky měření v laboratořích (studenti po 4 skupinách)
(Rozvedení skupin studentů do laboratoří zajišťuje Ing. K. Stejskalová, Ph.D. a L. Šimaňok)

Skupina 1 absolvuje praktikum X

Skupina 2 absolvuje praktikum II

Skupina 3 a 4 společně v EDU učebně absolvují *workshopy na téma: I. Spektroskopické stanovení škály roztoků $KMnO_4$ a II. Tyndallův efekt.*

Zaměření praktik a cvičící lektori – viz list v závěru programu.

12:00 – 13:10 - Přestávka na oběd (akademická jídelna Slovanka v areálu ústavů) **a práce týmů na projektech**

13:15 - 14:45 - Praktické ukázky měření v laboratořích (studenti po 4 skupinách)
(Rozvedení skupin studentů do laboratoří zajišťuje Ing. K. Stejskalová, Ph.D. a L. Šimaňok)

Letní škola NANO2022

Skupina 1 absolvuje praktikum I

Skupina 2 absolvuje praktikum X

Skupina 3 absolvuje praktikum III

Skupina 4 absolvuje praktikum II

Zaměření praktik a cvičící lektori – viz list v závěru programu.

14:45-16:30 – práce v týmech na posteru představujícím přidělený nanoprojekt.

Prezentace nanoprojektů pomocí posteru/flipchartu bude v pátek 19.8., po obědě od 12:30.

16:30 - Ukončení čtvrtého dne školy, zájemci mohou pokračovat na projektech

(max do 18 hodin – vestibul, předsálí)



Pátek 19. 8. 2022

8:50 - Zahájení pátého (posledního) dne školy

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí; zajišťuje: Ing. K. Stejskalová, Ph.D.)

9:00-9:50 - Přednáška (z oboru katalýzy)

Ing. Dalibor Kaucký, Ph.D.: Katalýza – moderní trendy v materiálovém výzkumu

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

Poté následuje exkurze do Odd. nanokatalýzy a práce týmů na projektech.

10:00 – 10:20 exkurze do laboratoří Od. nanokatalýzy pro skupiny 1 a 2

10:25 – 10:45 exkurze do laboratoří Od. nanokatalýzy pro skupiny 3 a 4

(exkurzi vede Ing. S. Valtera, doprovod skupin zajišťuje Dr. K. Stejskalová)

Do 11:40 hodin práce v týmech na posteru představujícím přidělený nanoprojekt.

11:45 – 12:30 - Přestávka na oběd (akademická jídelna Slovanka v areálu ústavů)

Letní škola NANO2022

12:30-13:30 – Následuje prezentace týmových nanoprojektů pomocí posteru/flipchartu
(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)



Do 14:00 (ev. 14:15) hodin - Zakončení prázdninové letní školy NANO2022
Vyhodnocení prezentací týmových nanoprojektů, předání certifikátů účastníkům školy, odevzdání vyplněných dotazníků, odezva a ohlasy účastníků školy...volná diskuse.
(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí; zajišťuje Ing. K. Stejskalová, Ph.D.)



Upozorňujeme, že v programu mohou ještě nastat drobné změny. Děkujeme za pochopení.

Jmenný seznam členů týmu PEXED: přednášejících (L), lektorů praktik (P I až P X), lektorů workshopů (W1 až W3) a exkurzí (E) v programu prázdninové letní školy **NANO2022**

(P VIII) BRABEC Libor	RNDr., CSc.	✉ libor.brabec@jh-inst.cas.cz
(L) KAUCKÝ Dalibor	Mgr., Ph.D.	✉ jaroslav.kocisek@jh-inst.cas.cz
(P VII) KOČIŠEK Jaroslav	Mgr., Ph.D.	✉ jaroslav.kocisek@jh-inst.cas.cz
(P V) KNÍŽEK Antonín	Mgr.	✉ antonin.knizek@jh-inst.cas.cz
(P VI) LAMAČ Martin	RNDr., Ph.D.	✉ martin.lamac@jh-inst.cas.cz
(P II) LIŠKA Alan	RNDr., Ph.D.	✉ alan.liska@jh-inst.cas.cz
(P I) NEBEL Roman	Ing. Ph.D.	✉ roman.nebel@jh-inst.cas.cz
(P X) REMZOVÁ Monika	Mgr., Ph.D.	✉ monika.remzova@jh-inst.cas.cz
(L) SÝKORA Jan	Mgr., Ph.D.	✉ jan.sykora@jh-inst.cas.cz
(L, W 1, 3) STEJSKALOVÁ Květa	Ing., Ph.D.	✉ kvetoslava.stejskalova@jh-inst.cas.cz
(L, P IV, W 1, 3) ŠIMANOK Lukáš		✉ lukas.simanok@jh-inst.cas.cz
(P III) TARÁBKOVÁ Hana	RNDr., Ph.D.	✉ hana.tarabkova@jh-inst.cas.cz
(E) VALTERA Stanislav	Ing.	✉ stanislav.valtera@jh-inst.cas.cz
(P IX) VINKLÁREK Ivo	Mgr.	✉ ivo.vinklarek@jh-inst.cas.cz
(L) VOTAVA Ondřej	Mgr., Ph.D.	✉ ondrej.votava@jh-inst.cas.cz
(W 2) ZLÁMALOVÁ Magda	Mgr.	✉ magda.zlamalova@jh-inst.cas.cz

Externisté:

(L) REITER Jakub	Mgr., Ph.D.	✉ jakub.reiter@inobat.eu
(L) RYPAROVÁ Olga	Bc.	✉ olga.ryparova@gmail.com
(L) VÁŇA Pavel	Mgr.	✉ vana.pavel@astronomie.cz

Letní škola NANO2022

Přednášky

anotace k přednáškám

*(řazeno abecedně,
dle příjmení přednášejících)*

Katalýza – moderní trendy v materiálovém výzkumu

Ing. Dalibor Kaucký, Ph.D.

Vědecký pracovník v Oddělení struktury a dynamiky v katalýze,
Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i., Dolejškova 2155/3, 182 23 Praha 8

Anotace přednášky:

V přítomné době mnoho procesů a pochodů v současné chemické technologii využívá v té či oné formě katalyzátory. Proces, chemická reakce uskutečněná pomocí katalyzátoru bývá snadnější a probíhá při nižší teplotě. Její rychlost je totiž zvýšena v takové míře, že žádané produkty vznikají s výtěžkem a selektivitou běžnou cestou nedosažitelnou. A co víc - katalyzátor se prakticky nespotřebuje a/nebo ho lze snadno regenerovat. Co je dnes cílem moderního katalytického výzkumu? Na našem pracovišti se momentálně zabýváme uhlíkovými materiály, jejichž nano-krystalická forma může poskytnout neobyčejný základ pro přípravu Pd,Pt-katalyzátorů, v porovnání s tradičními katalyzátory založenými na běžné formě uhlíku (např. Pd nebo Pt kovy nanesené na aktivním uhlí, používané tradičně pro nejrůznější hydrogenační reakce).

V přednášce probereme:

Co je katalýza a co jsou katalyzátory?

Jak jsou vyráběny a k čemu používány?

Jak jsou vědeckými metodami studovány?

Co je cílem výzkumu v oboru katalýzy?

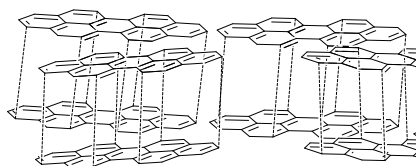
Čím se zabýváme v našich laboratořích?

Ing. Dalibor Kaucký, Ph.D.

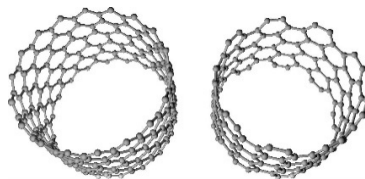
Absolvent VŠCHT Pardubice (dnes Univerzita Pardubice) v oboru anorganická technologie. Disertační práci realizoval v ÚFCH JH pod vedením B. Wichterlové (téma – katalýza na zeolitech), postdoktorandskou stáž absolvoval ve francouzském Montpellier (v rámci spolupráce s belgickým průmyslovým partnerem).

V současnosti pracuje jako vědecký pracovník v Oddělení struktury a dynamiky v katalýze a podílí se na řešení projektů základního či aplikovaného výzkumu v katalýze (nyní v rámci týmu, jež se zabývá přípravou nano-uhlíkových materiálů). Své schopnosti popularizovat vědu a výzkum uplatňuje v týmu PEXED, když přednáší středoškolským studentům a veřejnosti (letní školy, programy DOD či celoročních návštěv) a vede exkurze do laboratoří katalýzy.

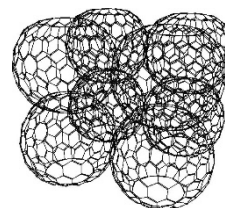
Ilustrativní obrázky (různé formy grafitického uhlíku):



Tradiční aktivní uhlí



Nano-trubice C



3D strukturovaný C

Jak vyrobít baterii do auta a jak jich vyrobít milion a prodat je?

Mgr. Jakub Reiter, Ph.D.

Head of R&D

InoBat Auto, Slovakia, <https://inobatauto.eu/>

Anotace přednášky:

Baterie a především ty lithno-iontové jsou žhavým tématem posledních let. Jejich použití se neomezuje na telefony, notebooky a elektroauta. Vznikají nové projekty na elektrické vlaky, autobusy, nákladní vozy a dokonce i létající taxi i velká letadla. To přináší celou řadu otázek a výzev pro vědce na univerzitách, výzkumných ústavech a vývojáře ve firmách. Je třeba vyvíjet nové materiály, nové postupy jejich výroby a zároveň myslet na to, že v budoucnosti budeme potřebovat tisíce a miliony nových cel. Proto je třeba myslet i na udržitelnost jejich výroby a také maximální recyklaci.

V přednášce bych rád vysvětlil, jak funguje baterie ve Vašem mobilu, v elektroautu a také ukázal cestu ke Gigactory, kterou se vydala slovenská firma InoBat Auto.

Mgr. Jakub Reiter, Ph.D.

Jakub je chemikem od 14 let, kdy si začal budovat vlastní domácí chemickou laboratoř. Vystudoval PŘF UK a potom své vybavení a chemikálie odvezl do Ústavu anorganické chemie AV ČR, kde se začal věnovat bateriím a palivovým článkům. V roce 2011 odešel do Německa, kde pracoval rok jako post-doc na Univerzitě v Münsteru a potom 8 let v BMW v Mnichově. Od listopadu 2020 vede výzkumný a vývojový tým baterií ve firmě InoBat Auto, která od ledna 2023 začne vyrábět baterie na Slovensku.

Olinium: Mým cílem je ukazovat, že chemie je úžasná a srozumitelná

Bc. Olga Ryparová

projekty Olinium najdete:

<https://www.olinium.cz/o-mne/>

<https://www.linkedin.com/in/olgaryparova/>

<https://www.youtube.com/channel/UCB6LgHDnFtVOagprsCDGJhw>

<https://www.facebook.com/olga.ryparova>

Anotace prezentace s diskusí:

Povídání s Olgou o její představě ale i realizaci, jak učit chemii, aby žáky zaujala.

Pokud jste na Olgu ještě nenarazili, což je s podivem, přečtěte si s ní některé z rozhovorů (linky níže) nebo si pusťte zpovídání od Marina Veselovského pro DTV na Aktuálně.cz (link níže).

Bc. Olga Ryparová

Olga Ryparová je v online světě známá pod projektem Olinium. Olga vystudovala biochemii na Univerzitě v Olomouci, ale z vědy přešla na výuku chemie. V době prvního lockdownu začala každý den živě vysílat hodiny chemie na svém YouTube. V posledním roce se zaměřuje více na popularizaci vědy na svých sociálních sítích. Její chemická "okénka" přitáhla tisíce sledujících. Cílem je ukázat, že chemie není zlá, ale že nám pomáhá pochopit svět kolem nás.

Jak to vidí: „Chci učit moderní chemii. Ne tu chemii, která se stále učí z učebnic z devadesátých let. Proto jsem i oslovila například Ústav chemie a biochemie na Mendelově univerzitě v Brně, kde snad vytvoříme videa o použití elektronové mikroskopie, anebo metodě CRISPR. Nejedná se čistě o chemická témata. Jde mi o mezioborové propojení. Ráda bych totiž ilustrovala šířku toho, co dnešní studium přírodovědných oborů vlastně znamená, a také co dnešní věda umí. Třeba se nám jednou podaří, že nebudeme jen učit z paměti výrobu kyseliny sírové, nebo v jakých minerálech najdeme železo.“

-
- *Rozhovor na serveru Učitel.cz (7.2.2022)- [Je populární a učí chemii. Výstižně, srozumitelně a na sítích \(ucitel21.cz\)](#)*
 - *Rozhovor na serveru Věda a výzkum (16.5.2022) - [Olinium: Mým cílem je ukazovat, že chemie je úžasná a srozumitelná - Vědavýzkum.cz \(vedavyzkum.cz\)](#)*
 - *Video na Aktuálně.cz - <https://video.aktualne.cz/dvtv/chtela-bych-vysvetlit-celou-chemii-ve-skole-jsem-byla-sprt-r/r~72cd1732016811eda873ac1f6b220ee8/>*

Moderní směry fyzikální chemie v ÚFCH JH, aneb přišel jsem, viděl jsem, vybádal jsem...

Ing. Květa Stejskalová, CSc.

Útvar ředitele

Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i., Dolejškova 2155/3, 182 00 Praha 8

Úvodní stručná popularizační prezentace představí zaměření a výzkum vědců v Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského, AV ČR, v.v.i., výzkumném ústavu, který v oboru fyzikální chemie patří v ČR dlouhodobě ke špičce, ale je i mezinárodně uznávaným pracovištěm. Studenti budou seznámeni s moderním výzkumem v oborech, jako je např. teoretická chemie, chemická fyzika, elektrochemie, vývoj nových nanomateriálů a nanotechnologií s uplatněním v katalýze, fotokatalýze a elektrochemii, uslyší o spektroskopických a mikroskopických technikách používaných v základním i aplikovaném výzkumu vědců ÚFCH JH. Rovněž bude stručně zmíněn systém každodenní vědecké práce - od myšlenky, přes projekt až k jeho realizaci a publikování výsledků (a případně i popularizaci a medializaci).

Ing. Květoslava Stejskalová, CSc. (1966)

V roce 1989 ukončila studium VŠCHT v Praze (chemické inženýrství.) Od roku 1989 pracuje v Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, doktorát ve fyzikální chemii získala v roce 1995 za práci v oboru kinetiky reakcí plyn- tuhá látka s výstupy do ochrany životního prostředí. Kromě toho, že propaguje činnost vědců svého ústavu, se systematicky věnuje vzdělávání a popularizaci vědy. Napomáhá středoškolským i vysokoškolským studentům zajímajícím se o přírodní vědy prakticky se zapojit do odborné práce ve vědě a výzkumu a její pomoc je namířena i k pedagogům SŠ a ZŠ. Je podepsána pod řadou akcí, jejichž cílem je podnítit zájem mladých o přírodní vědy a další vzdělávání, např. letní školy v oboru výzkumu nanomateriálů, fyzikálně-chemické workshopy/kroužky/kurzy pro žáky ZŠ (programy i pro 1. stupeň ZŠ !) a SŠ, konference k prezentaci odborných prací studentů pracujících ve vědeckých týmech, pravidelné návštěvy studentů v ústavu v rámci Dnů otevřených dveří či jiných akcí, organizuje stáže a praxe studentů ve vědeckých týmech a sama je lektorkou SŠ studentů (např. v projektu AV ČR Otevřená věda), jejichž stáže jsou zaměřeny na zatraktivnění výuky chemie a fyziky experimentem a na popularizaci vědy. Je autorkou scénářů popularizačních filmů představujících výzkum v oboru fyzikální chemie ("Věda není nuda") či mladé vědce pracující v ÚFCH JH ("Homo Scientist jr."), je také iniciátorkou a autorkou několika výstav prezentujících vědu a vědce ÚFCH JH (např. Nanosvět očima mikroskopů; Jak se dnes dělá vědu u Heyrovských; Deset let žijeme s Otevřenou vědou), z nichž nejatraktivnější je unikátní putovní výstava "Příběh kapky" (2009-2022, dosud 32 000 návštěvníků, 33 různých expozic) věnovaná jedinému českému nositeli Nobelovy ceny za chemii Jaroslavu Heyrovskému.

V projektech AV ČR Otevřená věda (od roku 2005) pracuje jako "lektorka" SŠ stážístů i jako "popularizátorka" v síti popularizátorů AVČR s působností po celé ČR. O fyzikální chemii přednáší studentům i pedagogům, na veřejnosti popularizuje vědeckou práci v přednáškách či ve vystoupeních v televizi, rozhlasu nebo také přímo v terénu účastí v různých programech jako je Muzejní noc, Chemický jarmark, Věda v ulicích, Veletrh vědy, vědecký festival Týden AV ČR aj. Je předsedkyní správní rady Nadačního fondu Jaroslava Heyrovského, členkou správní rady NF Resonance a členkou Kolegia popularizátorů AV ČR.

V roce 2010 byla za svou činnost oceněna porotou soutěže České hlavičky "Zvláštní cenou za mimořádný přínos k popularizaci vědy mezi studenty" a v roce 2011 získala "Čestnou medaili Vojtěcha Náprstka za zásluhy v popularizaci vědy" udělovanou Akademií věd ČR.



Jaroslav Heyrovský, cesta k Nobelově ceně přes padající kapky rtuťi

popularizační přednáška o životě s chemií, úspěších a nezdarech, o notné dávkce štěstí přeměněné v kousek zlata v podobě Nobelovy medaile...

Přednáší: Ing. Květa Stejskalová, CSc., autorka výstavy Příběh kapky pracující v Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR.

Víte

- ...co se stalo, když malý Jaroslav s bratrem Leem vyrobili doma v kuchyni salmiak a poslali jej z bytu ven?
- ...s kým seděl gymnazista Jaroslav v septimě v lavici?
- ...s kým hrál na Letenské pláni fotbal?
- ... kam odjel studovat na univerzitu?
- ... kdy a kde se seznámil se svou budoucí ženou?
- ...s jakou kapkou a jak vlastně objevil polarografii, za kterou dostal později Nobelovu cenu?
- ...jak vypadají různé polarografy, co mají společného a k čemu jsou? ...
- ...co je zobrazeno na Nobelově medaili a diplomu?
- ...co musíte mít na sobě, když si jedete převzít Nobelovu cenu?

Nevíte ?

Jaroslav Heyrovský nebyl jen tím ctihodným vážným mužem v tmavém obleku, který přebírá z rukou švédského krále Gustava Adolfa VI. Nobelovu cenu za chemii. Byl živým a zvědavým klukem, bystrým a netrpělivým studentem, cílevědomým vědcem, ale i manželem, otcem, pedagogem a kolegou a jak sám dodával, v životě měl hodně štěstí, ať již při volbě oboru, který jej celý život překvapoval nebo při výběru manželky, se kterou jej harmonicky prožil....

V přednášce zazní mnohé o jeho pestrém životě i vědeckém bádání v oboru polarografie.

Na přednášce představující Jaroslava Heyrovského nejen jako vědce ale i jako člověka, se vše dozvíte.

webová prezentace putovní výstavy Příběh kapky - <http://www.heyrovsky.cz>



Fluorescence - se světlem za tajemstvím látek a jejich barev...

Mgr. J. Sýkora, Ph.D.

Vědecký pracovník v Oddělení biofyzikální chemie,
Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i., Dolejškova 2155/3, 182 23 Praha 8

Anotace přednášky:

Některé chemické látky nazývané fluorofory po dopadu světla o kratší vlnové délce vyzáří světlo o delší vlnové délce - tedy světlo jiné barvy. Tento jev se nazývá fluorescence a obklopuje nás možná více, než se zdá.

Díky fluorescenci můžeme používat zářivky, plasmové televizory, za letních nocí obdivovat světlušky...

Přednáška bude nicméně pojednávat o méně obvyklém využití fluorescence a to fluorescenční mikroskopii. Ukážeme si, jak můžeme zobrazovat jednotlivé molekuly přímo v živých buňkách a v organismech, jak sledovat sbalování velkých DNA molekul a jak rozpoznat rané stadium neurodegenerativních onemocnění. Zkrátka si ukážeme, že fluorescenční mikroskopie nachází díky svým vlastnostem uplatnění zejména ve studiu živých buněk a tkání v lékařském a biologickém výzkumu.

Mgr. Jan Sýkora, Ph. D. (1977)

Vědecký pracovník v Oddělení biofyzikální chemie.

Zaměření: fluorescenční spektroskopie a mikroskopie, studium solvatační dynamiky pomocí metody v biomembránách a proteinech pomocí "relaxace rozpouštědla", vývoj a aplikace nových technik konfokální fluorescenční mikroskopie, studium dynamiky proteinů pomocí fluorescenčních metod

• **Vzdělání**

1991-1995 Gymnasium Jana Keplera v Praze
1995-2000 Magisterské studium na Přírodovědecké fakultě University Karlovy, obor fyzikální chemie (diplomová práce na téma „Stabilita lidského orosomukoidu v extrémně kyselém prostředí“)
2000-2002 Náhradní vojenská služba
2002-2005 Postgraduální studium na Přírodovědecké fakultě University Karlovy (disertační práci na téma „Studium relaxace rozpouštědla v biomembránách“ realizoval v Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR)
2004 dvouměsíční stáž na Katolické universitě v Leuvenu (Belgie) s tematikou měření FCS na buňkách
2005-2006 šestiměsíční pobyt ve Forschungszentrum Juelich, Německo, se zaměřením na fluorescenční mikroskopii
2007- vědecký pracovník v Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AVČR, v.v.i.

Pedagogická a popularizační činnost

Jan Sýkora vyučuje kurz Fluorescence a kurz „Fluorescenční spektroskopie v biologickém a lékařském výzkumu“ a „Fyzikální chemie II“ na Přírodovědecké fakultě Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích.

Dále se Jan Sýkora v rámci řešení projektu ÚFCH JH "Tři nástroje" aktivně zapojil do vzdělávání talentované středoškolské mládeže a popularizace výsledků VaV široké veřejnosti tím, že se podílel na vedení stáží či přípravě odborného programu pro návštěvy SŠ studentů na pracovištích oddělení (přednášky, exkurze).

• **Ocenění vědeckou komunitou**

2008 - Cena Akademie věd ČR za zvláště úspěšné řešení programových a grantových projektů

2009 - Hlávkova cena

2011 - Prémie O. Wichterleho

Nanotechnologie aneb co je malé, je i dobré ?

Lukáš Šimaňok

Student PedF UK Praha pracující v Ústavu fyzikální chemie
J. Heyrovského AV ČR ve vzdělávacím týmu PEXED

Dolejškova 2155/3, 182 23 Praha 8

Anotace přednášky:

V dnešní době slýcháme spoustu věcí o produktech nanotechnologií, které si můžeme koupit prakticky kdekoli. Slovo *nano* je velmi zneužívaným artiklem, na který lidé slyší, ale který je zároveň nedostatečně definován, a proto je příliš nadužíván. Z tohoto důvodu lidé netuší, co to nanotechnologie jsou, kde se vzaly, jaká jsou rizika používání a hlavně koupí.

Co tedy znamená *nano*- a co jsou vlastně nanotechnologie? O jak starý a rozšířený obor se jedná? Proč jsou tyto technologie tak „záračné“, jak se vlastně v praxi realizují a v čem tkví nebezpečí z jejich užívání? Na tyto a další otázky si odpovíme v přednášce.

Doporučená literatura:

<http://ksicht.natur.cuni.cz/serialy/nanocastice/1>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Nanotechnology>

<http://nanotechnologie.cz/search.php?rsvelikost=sab&rstext=all-phpRS-all&rstema=3>

Lukáš Šimaňok (1994)

absolvent SPŠCHG J. Heyrovského v Ostravě-Zábřehu, studuje PedF UK v Praze a v ÚFCH JH v současnosti pracuje jak odborný pracovník ve výukové laboratoři PEXED (Popularization EXperimental EDucation. S ÚFCH JH již spolupracuje od střední školy: třítydenní odbornou stáž vykonal v roce 2012 v rámci vzdělávacího a popularizačního projektu ÚFCH JH s názvem Tři nástroje, a navázal tak na svůj prázdninový pobyt (červenec 2011), kdy v ústavu absolvoval svou první středoškolskou stáž. Při své práci v laboratoři byl zapojen do přípravy a charakterizace nanočástic a nanostrukturních materiálů (např. Mg(OH)₂, TiO₂ aj.), pokročilých sol-gel technik a přípravy povrchů s řízenými vlastnostmi (smáčivost, fotokatalytická účinnost apod.). Oborem jeho vědeckého zájmu v ÚFCH JH byla příprava nanomateriálů na bázi stříbra a dalších ušlechtilých kovů, testování jejich vlastností a jejich zakomponování do technologií sloužících k ochraně kulturních památek a životního prostředí (fotokatalytickými procesy).

Již osmým rokem se velice aktivně podílí v týmu lektorů workshopů "Chemie není nuda" na přípravě popularizačních programů, spolu s Ing. Květou Stejskalovou, CSc. v rámci popularizačního a vzdělávacího projektu Tři nástroje, směřovaných k cílovým skupinám žáků středních a základních škol. V roce 2015 portfolio svých výukových aktivit rozšířil o popularizační přednášku pro studenty SŠ na téma nanomateriály a notecnologie, kterou přednáší jak pro studenty, tak pro pedagogy a v upravené podobě nově i pro žáky ZŠ.

(Ne)Standardní model částicového fyzika – od hvězd přes meteority až k částicím

Mgr. Pavel Váňa

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy

Anotace přednášky:

Neformální povídání o dosavadní životní cestě začínajícího částicového fyzika, který si v dětství vysnil, že se stane vědcem. Od prvních krůčků přes začátky na Hvězdárně a planetáriu v Brně, Astronomickou expedici, stáž na Ústavu fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského AVČR až po objevování světa částic pomocí detektoru ATLAS v Evropské organizaci pro jaderný výzkum CERN. Chcete-li se stát vědcem a máte-li o sobě pochybnosti, tato beseda vám snad pomůže tyto pochybnosti překonat.

Mgr. Pavel Váňa (1997)

studuje obor Částicová a jaderná fyzika na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy. Při studiu se zaměřuje na studium ultra-relativistických srážek těžkých iontů pomocí detektoru ATLAS umístěném na Velkém hadronovém urychlovači v Evropské organizaci pro jaderný výzkum (CERN). Ve své diplomové práci se pod vedením doc. Mgr. Martina Spousty, Ph.D. zabýval studiem produkce a vyzářování charmonii v proton-protonových srážkách. V tomto studiu bude pokračovat na Ústavu částicové a jaderné fyziky MFF UK i nadále jako doktorand.

Při studiu se věnuje fotografování se zaměřením na krajinářskou fotografii a astrofotografii. O roku 2021 je předsedou Amatérské prohlídky oblohy, sekce České astronomické společnosti. Při studiu se snaží věnovat i popularizaci, se kterou začal již v roce 2013 jako demonstrátor na Hvězdárně a planetáriu v Brně. I díky tomu se nyní věnuje organizaci Astronomické expedice, dvoutýdenní letní školy astronomie, kde je jedním z vedoucích skupiny Digitální astrofotografie.

Světlo jako sonda pro zkoumání vlastností systému

Mgr. Ondřej Votava, Ph.D.

*Vědecký pracovník v Oddělení dynamiky molekula klastrů,
Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i., Dolejškova 2155/3, 182 23 Praha 8*

Anotace přednášky:

Světlo potřebujeme k životu stejně jako vzduch a vodu. Jsme schopni vidět, protože naše oči mají mechanismus citlivý na světlo. Ovoce a zelenina, kterou pojídáme naroste jen díky přítomnosti světla. Slunečním světlem se i ohříváme. Dobrodiní světla přijímáme po celý svůj život, aniž bychom na to vůbec myslili.

V chemii a fyzice hraje světlo velmi důležitou úlohu. Obory jako fotochemie a spektroskopie se zabývají studiem toho, jak látky interagují se světlem a jak lze tyto interakce využít jak pro manipulaci, tak pro detekci a charakterizaci fyzikálních a chemických systémů. Tyto metody jsou zvláště důležité při výzkumu mikrosvětla/nanosvětla – atomů, molekul a nanočástic. V přednášce se budeme věnovat jednak historii našeho porozumění základním principům interakce mezi hmotou a světlem a také tomu, jak jsou v současné době tyto principy využívány nejen ve fyzice a chemii, ale také například v astronomii a astrofyzice.

Mgr. Ondřej Votava, Ph.D. (1967)

Ondřej Votava, absolvent MFF UK v Praze, své doktorské studium absolvoval na Universitě v Boulderu v USA a postdokovský pobyt na Universitě v Sydney v Austrálii. Jeho oborem je chemická fyzika - vysoce rozlišená molekulární spektroskopie a dynamika. Zpět do Čech si „přivezl“ cenné zkušenosti, jež dnes aplikuje ve vědě ale i jako velice zdatný popularizátor chemické fyziky neúnavně a s věčným optimismem předává mladým. Vychoval řadu studentů (lektor SŠ stáží a přednášející, školitel pedagogů, dále účast na výuce FY středoškoláků BIGy Žďár n. Sázavou jako "odborník z praxe" v projektu SŠ šablony). Pravidelně přednáší pro studenty na letních školách a dalších programech. Za vedení diplomové práce svého studenta Vítka Svobody z VŠCHT obdržel Cenu Wernera von Siemense (2015).

Letní škola NANO2022

Fyzikálně-chemické workshopy

úterý 16.8.2022 - v čase 10:15-11:45 – absolvuje společně skupina 1 a 2

Fyzikálně chemický workshop na téma Důkazy bílkovin a cukrů***

(učebna EDU v přízemí)

Dr. K. Stejskalová a L. Šimaňok

středa 17.8.2022 - v časech 10:15-11:45 (skupina 1 a 2)

a 13:15-14:45 (skupina 3 a 4)

Fyzikálně chemický workshop na téma Forenzní analýza***

(učebna EDU v přízemí)

Mgr. M. Zlámalová a Mgr. V. Hrdlička, Ph.D.

čtvrtek 18.8.2022 - v čase 10:15-11:45 – absolvuje společně skupina 3 a 4

Fyzikálně chemický workshop na téma: I. Spektroskopické stanovení škály roztoků KMnO_4 a II. Tyndallův efekt***

(učebna EDU v přízemí)

Dr. K. Stejskalová a L. Šimaňok



***Při zahájení workshopů studenti vždy obdrží tištěné pracovní listy k dané úloze.

Více o našich celoročních workshopech -----

V průběhu školního roku pro střední a základní školy již několik let realizujeme řadu fyzikálně-chemických workshopů. Máme zpracovanou metodiku, včetně pracovních listů, k experimentální výuce některých F-CH témat:

Střední škola

- *Separáční metody I – filtrace, extrakce*
- *Separáční metody II – destilace, sublimace*
- *Separáční metody III – analýza listových barviv*
- *Příprava některých plynů a zkoumání jejich vlastnosti*
- *Měření pH různými způsoby*
- *Důkazy bílkovin a cukrů, denaturace bílkovin*
- *Extrakce DNA (ze zeleniny, ovoce), pozorování digitálním mikroskopem*
- *Stavba a struktura organických molekul (včetně stavby modelu DNA)*
- *Stanovení hustoty kapalin a pevných látek*
- *Elektrochemie: elektrolýza, galvanický článek, Beketovova řada kovů*
- *Elektronické obvody se stavebnicí Boffin (Ohmův zákon)*
- *Mikroskopie – práce s optickým mikroskopem a digitálním mikroskopem*
- *Tyndallův efekt*
- *Spektroskopické stanovení škály roztoků $KMnO_4$ či $CuSO_4$*
- *Forenzní analýza*

Běžný workshop zahrnuje dvě úlohy a trvá 150 minut (s ca 15minutovou přestávkou). Úlohy jsou navrženy a vyzkoušeny pro max 25 žáků (1.- 3. ročník gymnázia). Žáci, rozdělení do dvou skupin, absolvují za sebou obě úlohy, každá úloha trvá 50-55 minut (včetně vypracování pracovního listu). Program může být doplněn, na žádost pedagoga při rezervaci programu, o 15-20minutovou exkursi do některé z laboratoří ústavu či přednášku o J. Heyrovském nebo nanotechnologiích. Chemické úlohy žáci absolvují v bezpečnostních pomůckách, které jim k úloze zapůjčíme (plášť, chemické brýle, jednorázové rukavice).

Základní škola

- *Acidobazické reakce, aneb co není kyselé, není sladké (ale hořké !)*
- *Stavím, stavíš, stavíme – molekulární modely*
- *Dělím, dělíš, dělíme – některé separáční metody v chemii*
- *Kam nacpat energii – do baterií přece ☺*
- *Není kov jako kov – reaktivita kovů*
- *Plyny kolem nás – hoří, nehoří, dusí*
- *COHN, aneb pozorujeme chování "sloučenin života"*
- *Na slovíčko pane Archimede – aneb proč je to tak hustýyyyyyyyyyyyyyy*
- *Stavím, stavíš, stavíme – logika elektrických obvodů*
- *Svět očima mikroskopů, aneb kam s muším křídlem*
- *Na skok za alchymisty – středověký inkoust a tajná písma*
- *Tyndallův efekt anebo co to tady tak „kouří“*
- *Chemik detektivem – jak nám při dopadení zločince pomáhá chemie (a fyzika)*

Běžný workshop zahrnuje dvě úlohy a trvá 150 minut (s ca 15minutovou přestávkou). Úlohy jsou navrženy a vyzkoušeny pro max 25 žáků (7.-9. třída a odpovídající ročníky víceletého gymnázia, v lehčí variantě pro 5-6. třídu ZŠ). Žáci, rozdělení do dvou skupin, absolvují za sebou vybrané úlohy, každá úloha trvá 60 minut (včetně doplnění pracovního listu). Součástí programu může být krátká přednáška o nanotechnologiích či Jaroslavu Heyrovském. Chemické úlohy žáci absolvují v bezpečnostních pomůckách, které jim k úloze zapůjčíme (plášť, chemické brýle, jednorázové rukavice).

Letní škola NANO2022

Praktické ukázky měření v laboratořích

(každá skupina studentů absolvuje v rámci týdenního programu 5 různých praktik)

Praktikum I - Charakterizace nanomateriálů pro elektroniku
rastrovacím elektronovým mikroskopem Hitachi
(R. Nebel, lab. s elektronovým mikroskopem v m. 022 v suterénu)

Praktikum II - Praktikum z elektrochemie: Citrón versus pomeranč aneb voltametrické sledování obsahu vitamínu C
(A. Liška, lab. molekulární elektrochemie m. 515)

Praktikum III – Mikroskopie rastrovací sondou studuje nanosvět
(H. Tarábková, lab. AFM v m. 05 v suterénu)

Praktikum IV - Příprava nanočástic stříbra a jejich charakterizace
(L. Šimaňok, EDU laboratoř v přízemí a laboratoř v Centru pro inovace, 6. patro)

Praktikum V - Stanovení spektra vzduchu
vysoce rozlišenou infračervenou spektroskopí
(A. Knížek, lab. spektroskopie vysokého rozlišení m. 02 v suterénu)

Praktikum VI -Nukleární magnetická rezonance - NMR spektroskopie
(M. Lamač, posluchárna R. Brdičky v přízemí (teorie) a lab. s přístrojem NMR)

Praktikum VII - Molekuly silně zachytávající elektrony
(J. Kočišek, lab. klastrů v m. 9 v přízemí)

Praktikum VIII – Charakterizace nanomateriálů pro katalýzu
elektronovým mikroskopem Jeol
(L. Brabec, m. 331)

Praktikum IX – S lasery na molekuly a klastry
(I. Vinklárek, lab. klastrů, m. 01 v suterénu)

Praktikum X - Příprava, charakterizace a aplikace zpevňovacích gelů za účelem ochrany kamenných památek v České republice.
(M. Remzová, m. 610 a 611 v Centru pro inovace)

LŠ NANO2022- 15.-19.8.2022

Rozpis praktik/workshopů v laboratořích

Den	Časy	skupina 1	skupina 2	skupina 3	skupina 4
pondělí 15.8.	13:15 -14:45	Praktikum IV L.Šimaňok	Praktikum V A. Knížek	Praktikum VII J. Kočišek	Praktikum VIII L. Brabec
Úterý 16.8.	10:15-11:45	Workshop Bílkoviny a cukry (Stejskalová a Šimaňok v EDU učebně)		Praktikum VI M. Lamač	Praktikum IX I. Vinklárek
	13:15 -14:45	Praktikum V A. Knížek	Praktikum IX I. Vinklárek	Praktikum VIII L. Brabec	Praktikum VI M. Lamač
Středa 17.8.	10:15-11:45	Workshop s úlohami z forezní analýzy (M. Zlámalová v EDU učebně)		Praktikum IV L.Šimaňok	Praktikum VII J. Kočišek
	13:15 -14:45	Praktikum III H.Tarábková	Praktikum I R. Nebel	Workshop s úlohami z forezní analýzy (M. Zlámalová v EDU učebně)	
Čtvrtek 18.8.	10:15-11:45	Praktikum X M.Remzová	Praktikum II A. Liška	2 Workshopy á 45 minut: W1 Spektroskopické stanovení roztoků KMnO ₄ a W2 Tyndalův efekt (Stejskalová a Šimaňok v EDU učebně)	
	13:15 -14:45	Praktikum I R. Nebel	Praktikum X M.Remzová	Praktikum III H.Tarábková	Praktikum II A. Liška

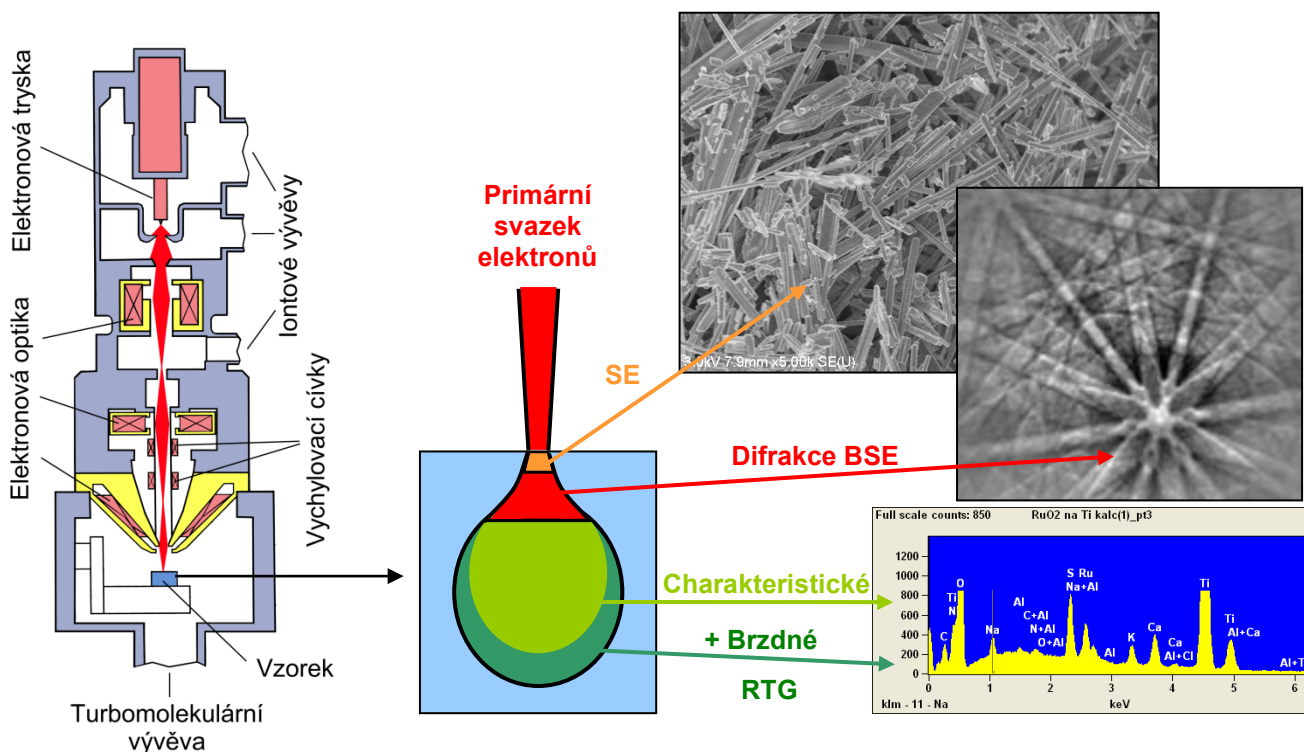
Pracoviště elektronové mikroskopie II – EDX (EDS)

Praktikum vede: Ing. Roman Nebel, Ph.D.; roman.nebel@jh-inst.cas.cz

Oddělení nanokatalýzy

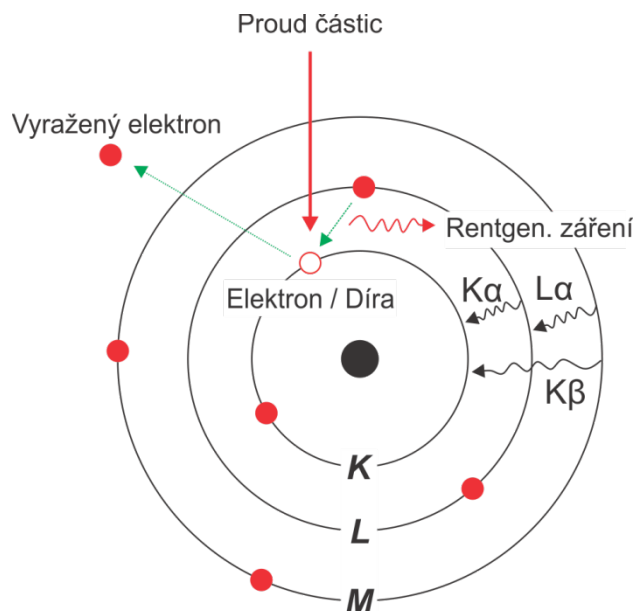
Přístrojové vybavení:

Jak již bylo podrobně popsáno v první části, v elektronovém mikroskopu se k zobrazování využívá svazku urychlených elektronů. V porovnání s fotony viditelného světla to přináší zlepšení rozlišovací schopnosti o tři řády. V rastrovacím mikroskopu je rozlišovací schopnost dána také průměrem svazku elektronů. Úkolem elektronové optiky je právě dosažení co nejmenšího průměru při zachování co nejvyšší intenzity. Urychlené elektrony vyvolají po dopadu na vzorek různé druhy odezvy. Sekundární elektrony (*secondary electrons SE*) vznikají v těsné blízkosti dopadu svazku a slouží pro vytváření obrazu ve vysokém rozlišení (~ 2 nm). Další odezvy vznikají již ve větším objemu vzorku a rozlišovací schopnost je úměrně menší. Množství odražených elektronů (*backscattered electrons BSE*) je více závislé na složení vzorku. Kromě toho BSE jsou v krystalickém materiálu rozptylovány a vzniklé obrazce poskytují krystalografické informace. **Velmi důležitou odezvou je také charakteristické rentgenové záření, jehož detekci a následným vyhodnocením se zjišťuje elementární (prvkové) složení vzorku (metoda EDX).** V naší laboratoři najdete **rastrovací elektronový mikroskop S 4800** (Hitachi, Jap.), vybavený dvěma detektory SE s možností detekce BSE, snímačem difrakčních obrazců BSE (HKL, Dánsko) a **detektorem RTG** záření s polovodičovým spektrometrem (Noran, USA).



Princip EDX (EDS)

Metoda EDX (**E**nergy-**D**ispersive **X**-Ray Spectroscopy) se využívá k prvkové analýze na základě interakce atomů vzorku s proudem nabitých částic (u elektronového mikroskopu vysoce nabitých elektronů). Tato interakce je charakteristická pro každý prvek periodické tabulky a proto lze ve výsledném spektru sledovat složení pozorovaného materiálu. Každý prvek má elektrony uvnitř elektronového obalu uspořádané na diskrétních energetických hladinách. Elektrony mohou být popsány kvantovými čísly a například hlavní kvantové číslo udává „vzdálenost“ hladin (slupky) od jádra. Tyto hlavní slupky se označují **K**, **L**, **M**, atd. Nabitě elektrony dopadající na vzorek mohou po dopadu na atom způsobit excitaci a „vyrazení“ některého elektronu v základním stavu z vnitřní slupky a vytvořit takzvanou elektronovou díru, neboli místo s deficitem elektronu. Elektron z vyšší slupky (ve snaze o snížení energie systému) zaplní vzniklou elektronovou díru a energetický rozdíl mezi oběma stavy elektronu je vyzářen ve formě **rentgenového záření**. Toto záření je ovlivněno energiemi slupek (tedy strukturou elektronového obalu atomu) a je proto **charakteristické pro každý chemický prvek**. Při měření lze navíc sledovat přechody elektronů mezi různými slupkami, např. $K\alpha$, $K\beta$, $L\alpha$ (viz. obrázek), je však třeba počítat s možnými omezeními jako je překryv některých píků ve spektru, například $Mn(K\beta)$ a $Fe(K\alpha)$. U nehomogenních vzorků je dále třeba počítat s tím, že průchod rentgenového záření objemem vzorku a jeho následná detekce jsou závislé na energii rentgenového záření a dále na hustotě a množství vzorku, kterým toto vybuzené záření musí projít.

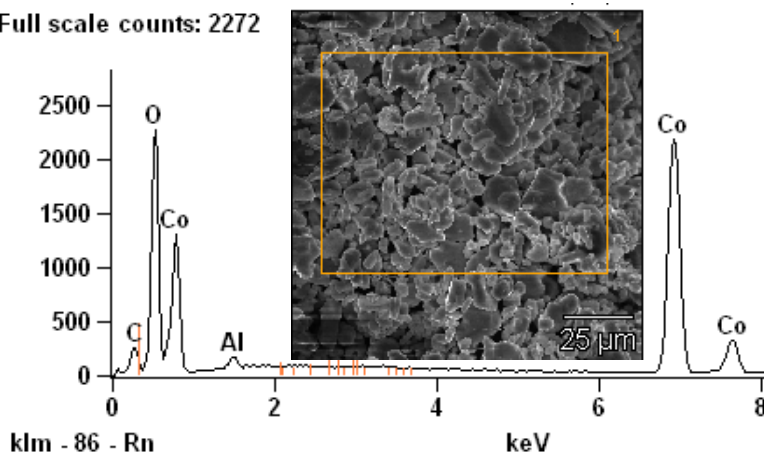


Příklady možností systému EDX:

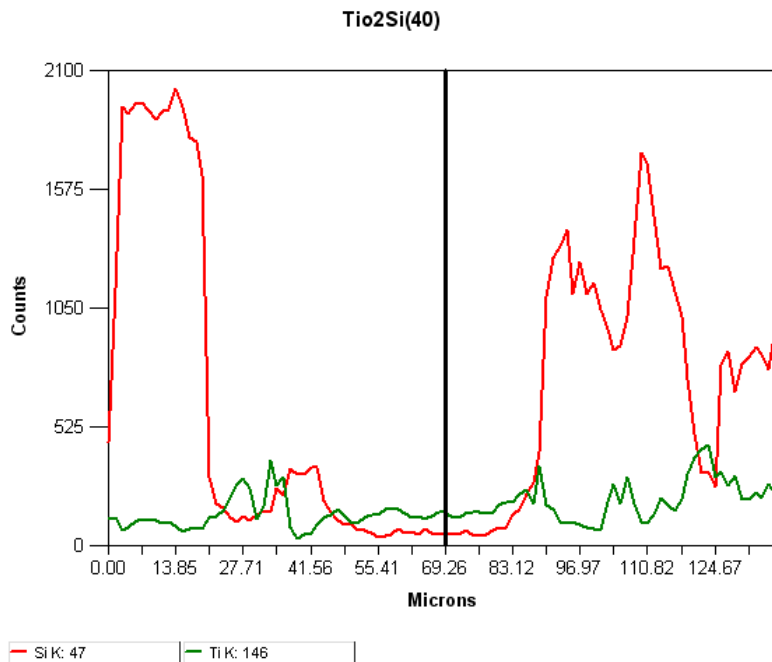
Měření spekter zaměřené oblasti, definovaných bodů, apod.

(Na obrázku je ukázka spektra krystalického $LiCoO_2$ z oblasti přibližně $7 \times 10^{-3} \text{ mm}^2$)

Full scale counts: 2272

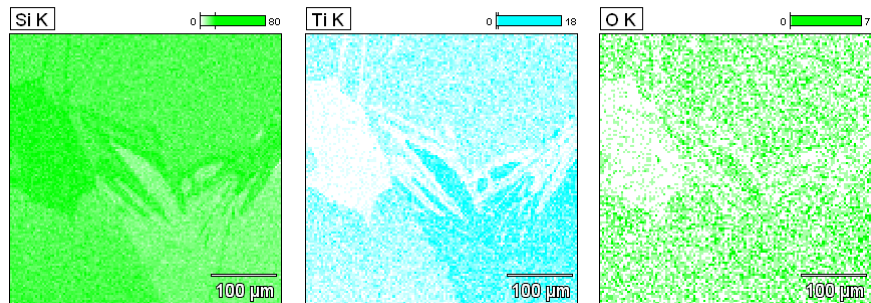
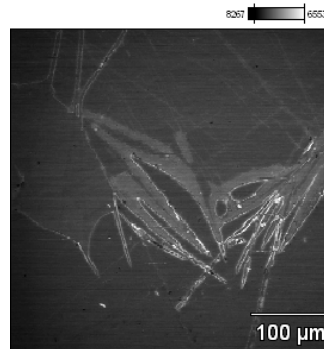


tvarů



Analýza distribuce prvků měřená podél lineárního profilu.
(Měření obsahu Si(K α) a Ti(K α))

Plošné mapování zastoupení jednotlivých prvků. Vytváření 2D a 3D map podle zadaných kritérií.
(Mapa znázorňující kvantitativní zastoupení Si, Ti a O ve vzorku zeolitu pokrytého vrstvou lipidů)



Zaměření laboratoře:

Laboratoř působí v rámci oddělení elektrochemických materiálů. Pomocí metod řádkovací elektronové mikroskopie a EDX spektroskopie studuje nanomateriály jako je TiO₂, uhlíkové nanotrubičky, nanodiamanty a mnohé další, vhodné pro využití v elektrochemii, například v bateriích a solárních člancích. Těmito metodami lze zkoumat rozměr, tvar či strukturu daných materiálů a samozřejmě také jejich elementární chemické složení (například v případech, kdy velmi malé množství příměsi prvku v připravovaném materiálu má za následek podstatnou změnu požadovaných vlastností).

Poznámky k úloze:

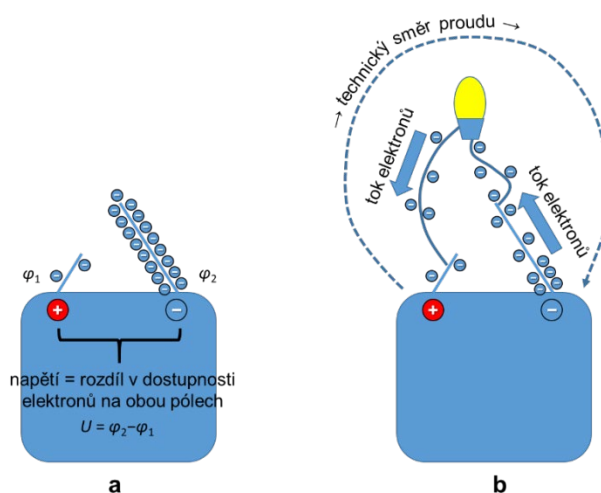
Praktikum z elektrochemie č. II:

Citrón versus pomeranč aneb voltametrické sledování obsahu vitamínu C

Laboratoř molekulární elektrochemie (místnost 515),
lektor Mgr. Alan Liška, Ph.D. - alan.liska@jh-inst.cas.cz

I. Voltametrie a příbuzné pojmy

Jak název napovídá dle jednotek dvou fyzikálních veličin (volty a ampéry), zřejmě půjde o sledování, jak se mění jedna v závislosti na druhé. Protože napětí U (tj. rozdíl elektrických potenciálů φ_1 , φ_2 mezi dvěma body, (1), Obr. 1a) je příčinou toku elektrického proudu I (spojíme-li vodivě oba uvažované body, Obr. 1b), je princip voltametrie zdánlivě jasný - vkládáme na elektrody napětí a měříme, jaký teče proud. Pravděpodobně vás napadne, že vlastně měříme elektrický odpor R (2). Po kom se jmenuje tento zákon? Nápověda: vzpomeňte si na jednotku elektrického odporu.



Obr. 1: Napětí (a-b) a proud (b): co je příčina a následek?

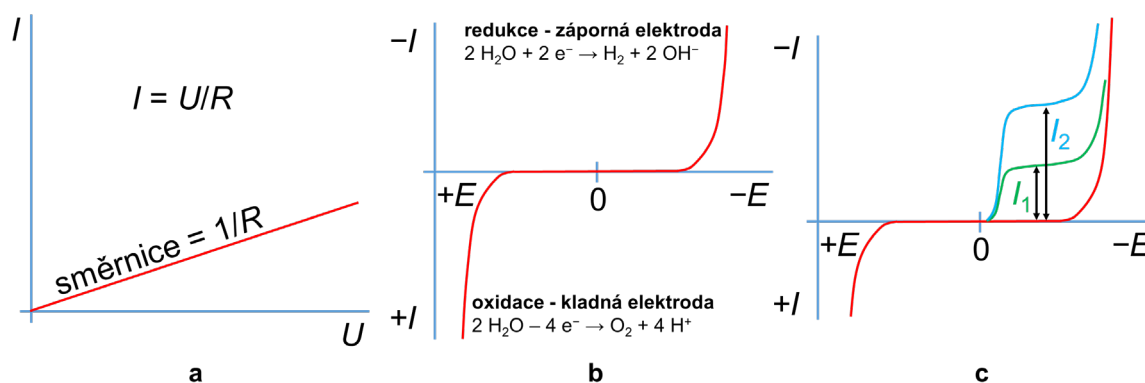
$$U = \varphi_2 - \varphi_1 \quad (1)$$

$$R = U/I \quad (2)$$

Je zde jedno velké ALE: Jestliže si konkrétně představíme např. drát (kovový vodič) s elektronovou vodivostí (Obr. 2a), odpor je konstantní a s rostoucím potenciálem roste lineárně i proud. Pokud ovšem přejdeme k uspořádání, kdy je součástí obvodu roztok elektrolytu mezi dvěma elektrodami, pak jde o iontovou vodivost, která se při použití stejnosměrného napětí neřídí uvedeným zákonem, ale díky dějům na mezifázi elektroda-roztok vzniká na každé elektrodě kondenzátor, který brání průchodu stejnosměrného proudu celým obvodem. To se projeví v té části závislosti proudu na potenciálu, kdy s rostoucím napětím je proud prakticky nulový (Obr. 2b).

Když se ale s rostoucím potenciálem začnou některé molekuly z roztoku na elektrodě oxidovat (tedy předávají své elektrony do elektrody) nebo redukovat (přijímají elektrony z elektrody) začne obvodem (a tedy i roztokem) protékat proud (zde si uvědomte, co to ve skutečnosti je oxidace či redukce nějaké sloučeniny nebo iontu). Protože ale v tomto případě

proud nevedou rychle se pohybující elektrony, nýbrž pomalé ionty, závislost není lineární, ale exponenciální, daná difuzí elektrochemicky aktivní částice k elektrodě (co to je difuze?). Např. ve vodných roztocích solí nebo v kyselém prostředí dochází na kladně nabitých elektrodách k oxidaci vody (anoda) za vývoje kyslíku (3) a na záporných elektrodách k redukci vody (katoda) za vzniku vodíku (4). Jak jsou tedy definovány anoda a katoda?



Obr. 2: Proud tekoucí vodičem (a) a roztokem elektrolytu (b). Voltametrická vlna (c) coby projev redoxního děje po přidání elektroaktivní látky.

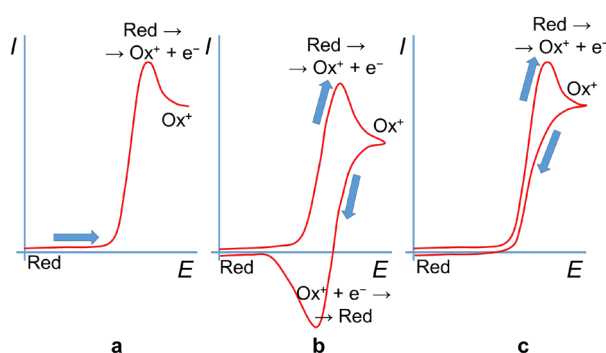
Protože koncentrace vody ve vodě je obrovská (to dá rozum, že?), proud roste na obou stranách závislosti nade všechny meze (Obr. 2b). Zde je nutné podotknout, že voda se oxiduje i redukuje velmi obtížně - až při relativně vysokých kladných či záporných hodnotách potenciálu, takže ta rovná část závislosti je hodně "dlouhá". Tato oblast se nazývá potenciálové okno, ve kterém můžeme elektrochemické experimenty provádět. Jeho šíře závisí zejména na rozpouštědle (pH), na typu elektrolytu a na elektrodovém materiálu. Přitom platí, že čím je to okno větší, tím lépe.

Jestliže nyní například v této vodě rozpustíme nějakou látku, jejíž molekuly se redukuje snadněji než voda, tedy při méně záporném potenciálu, začne růst proud dříve. Protože ale té rozpouštěné látky je ve vodě velmi malá koncentrace, proud se ustálí u takové hodnoty (I_1), která odpovídá koncentraci té redukované látky (Obr. 2c, křivka 1). Když koncentraci studované látky zvýšíme na dvojnásobek, zvýší se dvojnásobně i proud na hodnotu I_2 (Obr. 2c, křivka 2). Vidíme, že pozorovaný ustálený proud (říkáme mu limitní) je přímo úměrný koncentraci, že tedy máme před sebou analytickou metodu, a to velmi citlivou, kdy velikost proudu udává koncentraci analyzované látky (kvantitativní analýza), zatímco hodnota redukčního (v případě oxidovatelné látky oxidačního) potenciálu je pro každou sloučeninu charakteristická (kvalitativní analýza).

Jak ale potenciál změříme? Víme, že pro elektrochemický experiment potřebujeme alespoň dvě elektrody. Jedna - pracovní (W) má velmi malý povrch a její potenciál se měří od druhé elektrody - referentní (R), která má naopak velký povrch a její potenciál je konstantní (a pro náš experiment představuje "nulu"). Změny vkládaného napětí se tudíž projeví jen ve změnách potenciálu E pracovní elektrody. (Univerzálnější řešení je systém tří elektrod

(pracovní, referentní a pomocné), který je složitější a při použití organických rozpouštědel dává přesnější výsledky. Princip je však stejný.)

Obvyklý experiment probíhá tak, že konstantním způsobem se mění potenciál a zaznamenává se proud. Tomu se říká voltametrie (přesněji voltampérometrie). Pokud tento nárůst potenciálu je pomalý, mluvíme o metodách s ustáleným stavem, kdy proud tvoří schodovité "vlny" (Obr. 2c). Potenciál se odečítá v polovině limitního proudu – nazývá se půlvlnový. Pokud ale změna potenciálu probíhá v čase rychle, proud se nestačí ustálit na limitní hodnotě a vytvoří se pík (Obr. 3a). Když pak směr změny potenciálu obrátíme a stejnou rychlostí zase dosáhneme počáteční hodnoty, tedy výchozího bodu, mluvíme o cyklické voltametii, která už nám dává do hry čas. Z výšky proudového píku můžeme opět zjistit koncentraci látky, z celkového tvaru křivky však můžeme zjistit řadu cenných informací týkajících se mechanismu. Jestliže například je primární produkt elektrodové redukce stálý v časové škále experimentu, pak při zpětném posunu potenciálu se zase reoxiduje na výchozí stav a jde o vratný, tedy reverzibilní proces (Obr. 3b). Jestliže ale ten primární produkt je nestálý a hned reaguje dál, pak se nám už nepodaří jej zpátky reoxidovat na výchozí látku a a děj je nevratný ireverzibilní (Obr. 3c).

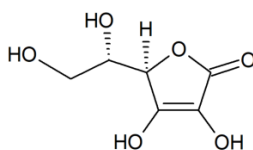


Obr. 3: Typický voltamogram: **(a)** lineární, **(b)** cyklický pro reverzibilní děj, **(c)** cyklický pro ireverzibilní děj.

II. Citrón a pomeranč

Jednou z látek, která je elektrochemicky aktivní a zároveň zcela nepostradatelná pro člověka (na rozdíl např. od psa) je vitamin C, chemicky askorbová kyselina (Obr. 4). Ta je silným antioxidantem, jinými slovy má redukční účinky a může být snadno oxidována. Jaká látka vzniká oxidací askorbové kyseliny?

Obsah vitaminu C v citrónu a v pomeranči je nesporný (cca 50 mg/100 g). V literatuře na otázku, zda je víc askorbové kyseliny v citrónu nebo v pomeranči však jednoznačnou odpověď nenajdete. Navíc se tvrdí, že teplem se vitamin C ničí. Je to pravda? A jak moc? Tím víc budou naše elektrochemická měření napínává.



Obr. 4: L-askorbová kyselina.

III. Experimentální část

Použijeme potenciostat Autolab PGSTAT101 a tříelektrodové zapojení (W: skelný uhlík, R: SCE, A: Pt-drát). Jako elektrolyt poslouží vzorky šťávy z pomeranče a citrónu. Z porovnání obou cyklických voltamogramů vyvodíme závěry o obsahu askorbové kyseliny. V případě potřeby můžeme provést srovnání s čistým roztokem standardu. Na závěr se plánuje degustace zbylých citrusů - odpovídá náš chuťový vjem naměřeným výsledkům?

Poznámky:

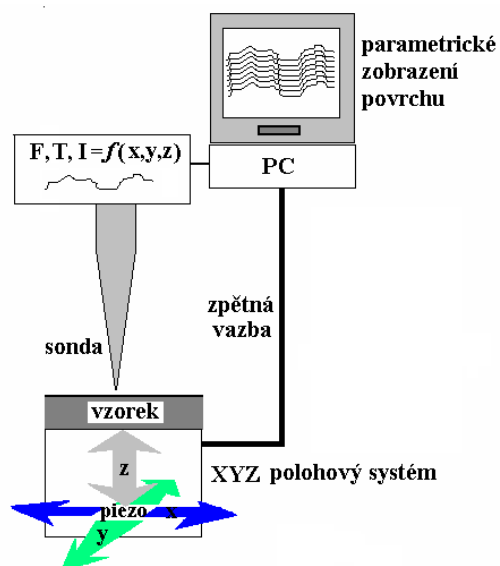
Mikroskopie rastrovací sondou a odvozené techniky

Pavel Janda, Hana Tarábková
Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i.

Anotace: Mikroskopie rastrovací sondou - mikroskopie atomárních sil (AFM) a tunelová mikroskopie (STM) umožňují zkoumání povrchu pevných látek nejen ve vakuu, ale i za atmosférického tlaku a v kapalinách, v rozsahu zvětšení, jehož horní hranice odpovídá molekulárnímu resp. atomárnímu rozlišení. Informace, které lze tímto způsobem získat obsahují nejen topografická data plného 3D zobrazení povrchu, ale i materiálové parametry (tvrdost, elasticita, vazebné interakce, elektronová hustota). Analýzu povrchu lze provádět metodami odvozenými od AFM a STM – silovou spektroskopií AFM, optickou mikroskopií a spektroskopií blízkého pole (SNOM). Vysoce perspektivní technikou se v poslední době stává hrotem zesílená Ramanova a fluorescenční mikroskopie a spektroskopie (TERS-TEFS), která poskytuje informace o chemickém složení povrchu ve vysokém rozlišení.

Mikroskopie rastrovací sondou (SPM, Scanning Probe Microscopy) reprezentuje soubor mikroskopických a analytických technik, odvozených od základních technik – tunelové mikroskopie (STM, Scanning Tunneling Microscopy) a mikroskopie atomárních sil (AFM, Atomic Force Microscopy). Tyto techniky umožňují zkoumání povrchu pevných vzorků s povrchovým rozlišením odpovídajícím zvětšení až 10^7 x, a pokrývají tak rozsah zvětšení optického mikroskopu ($\sim 10^3$ x) přes elektronovou mikroskopii ($\sim 10^5$ x) až po zobrazení molekul a atomů. Snímání povrchu je prováděno mechanickou sondou (obr. 1), která podle své konstrukce může sloužit k zobrazení 3-dimenzionální topografie nebo k mapování určité fyzikální vlastnosti povrchu – např. elektronové vodivosti, hustoty a rozložení elektronových stavů, teploty, náboje, tvrdosti, pružnosti, různé forem interakcí (adhese) – a tedy k vytváření parametrické mapy povrchu ve vysokém rozlišení.

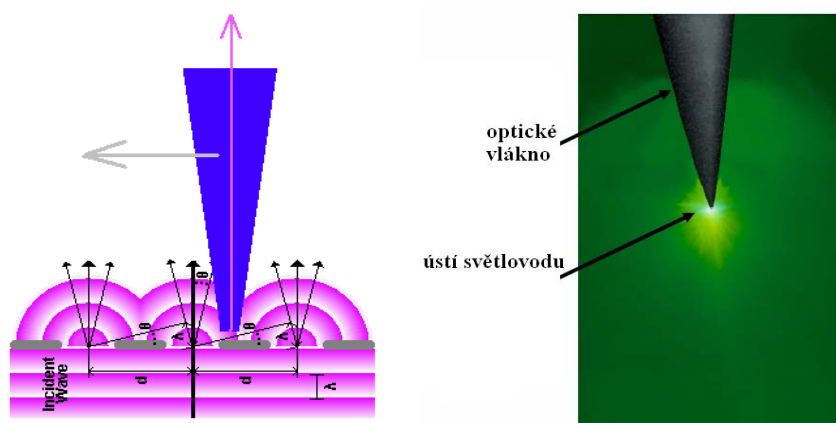
Obr. 1: Schématické znázornění mikroskopu rastrovací sondou



Výhodou technik SPM je dále i to, že ke své práci vesměs nepotřebují vysoké vakuum a jejich rozlišení není limitováno prostředím – mohou vedle vakua pracovat i v plynech a v kapalinách, a umožňují tak sledovat změny povrchu v průběhu chemického nebo fyzikálně chemického děje *in situ*.

Přestože některé ze sledovaných parametrů mohou být pro povrch daného chemického složení specifické (např. vazebné interakce, elektronová hustota a distribuce elektronových stavů), neexistovala do nedávné doby v praxi plnohodnotná technika chemické analýzy, která by nepostrádala žádnou z hlavních výhod mikroskopie rastrovací sondou a umožňovala by vytvářet obraz chemického složení povrchu *in situ* s vysokým povrchovým rozlišením.

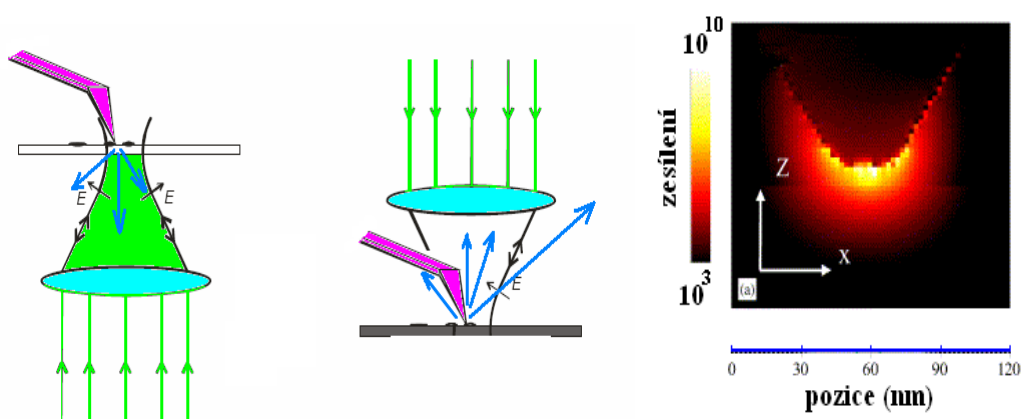
Objev optické mikroskopie blízkého pole (Near-Field Scanning Optical Microscopy and Spectroscopy, NSOM/SNOM), využívající systému mikroskopie rastrovací sondou v součinnosti s optikou blízkého pole (obr. 2) umožnil poprvé zobrazit světelným mikroskopem struktury s rozlišením téměř o dva řády větším než odpovídá vlnové délce použitého světla, při zachování výhod spojení klasické optické mikroskopie a SPM - tj. možnost práce *in situ*, v transmisním, reflexním nebo fluorescenčním režimu.



Obr. 2: Princip světelné mikroskopie/spektroskopie blízkého pole (SNOM). Výběr fragmentu vlnoplochy světlovodnou sondou mikroskopu umožňuje překonat omezení dané Rayleighovým kritériem a Abbeho difrakčním limitem. Obraz je snímán a konstruován bod po bodu.

Spektroskopické použití této techniky pro chemickou analýzu se však ukázalo být sporné, díky tomu, že její citlivost je vzhledem k vysokým světelným ztrátám velmi nízká.

Výrazně lepší prognózu lze přiřadit hrotem zesílené Ramanově a fluorescenční spektroskopii a mikroskopii (Tip-Enhanced Raman Spectroscopy/Fluorescence Spectroscopy and Microscopy, TERS/TEFS), která se objevila kolem roku 2000 jako technika slučující povrchově zesílenou Ramanovu spektroskopii (Surface-Enhanced Raman Spectroscopy, SERS, založenou na principu plasmonické resonance) s mikroskopií rastrovací sondou (obr. 3).



Obr. 3: Princip hrotem zesílené Ramanovy spektroskopie/mikroskopie (TERS). Zesílený signál přichází z oblasti vrchlíku hrotu (obrázek vpravo: [B. Pettinger, G. Picardi, R. Schuster: Single Molecules Vol. 3, Iss. 5-6, 285])

Mohutné rezonanční zesílení světla v blízkosti hrotu mikroskopu AFM nebo STM dovoluje snímat Ramanova spektra *in situ* s povrchovým rozlišením odpovídajícím technice SPM a současně s dostatečným světelným ziskem (obr. 4), a umožní tak vytvoření map chemického složení povrchu s vysokým rozlišením.

Doporučená literatura:

- R. Kubínek a kol.: Mikroskopie skenující sondou, UNI Palackého v Olomouci, 2003 – viz <http://www.nanotechnologie.cz/storage/MikrOlomouc.pdf>
- Luděk Frank, Jaroslav Král a kol.: Iontové, sondové a speciální metody, vyšlo v edici Metody analýzy povrchů, Academia, ISBN 80 200 0594 3 (Dr. P. Janda je v knize autorem kapitoly: Rastrovací sondové mikroskopie v elektrochemii).

Praktické měření:

Mikroskopie rastrovací sondou

Oddělení elektrochemických materiálů

RNDr. Hana Tarábková, PhD.T.:266053966,

266052012, hana.tarabkova@jh-inst.cas.cz

Přístrojové vybavení:

- 1) Dva mikroskopy rastrovací sondou (Topometrix TMX 2010 a NanoScope IIIa Multimode, Veeco) umožňující zobrazení povrchů pevných látek v rozsahu zvětšení 1000x až přesahující 60 000 000x s rozlišením dosahujícím molekulární resp. atomární úrovně. Mikroskopy využívají základních technik - tunelové mikroskopie (STM) v oblastech pikoampérových až nanoampérových tunelových proudů, elektrochemické mikroskopie (SECM) a mikroskopie atomárních sil (AFM) v kontaktním, semikontaktním a v režimu laterálních sil. Tato kombinace dovoluje studium látek různých fyzikálně-chemických vlastností: od izolantů po vodiče; od gelovitých až po tvrdé povrchy, na vzduchu i pod kapalinou. Vzhledem k propojení mikroskopů s čtyřelektrodovým potenciostatem, je též možné sledování (elektro)chemických dějů in-situ tj. v prostředí (elektro)chemického experimentu. Uvedené přístrojové vybavení a vyhodnocovací software umožňuje získat nejen topografické zobrazení povrchu s kótováním ve všech třech osách (např. drsnost, velikost a výška zrn), ale i fyzikálně-chemické informace (lokální elektrická vodivost, přítomnost funkčních skupin apod.).
- 2) Tříelektrodový potenciostat/galvanostat (Wenking POS2, Bank Elektronik) pracující v oblasti potenciálů -5-+5 V, s rychlostí vkládání potenciálu 0,1 mV/s až 100 V/s je používán v elektrochemických experimentech.

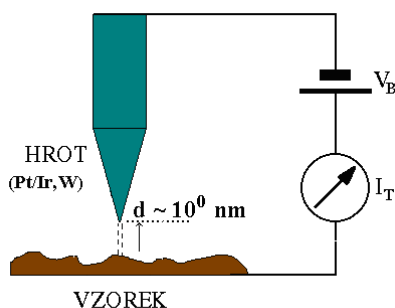
Krátký popis zaměření laboratoře:

Laboratoř se zabývá studiem :

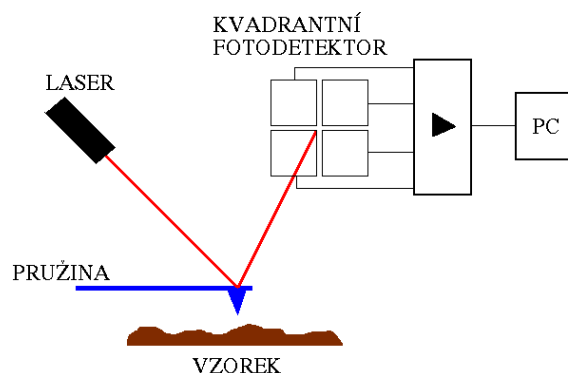
topografie a stability kovových nanočástic imobilizovaných na monokrystalických substrátech a optimalizací jejich vlastností pro použití v elektrokatalýze a senzorech.

reakční kinetiky dějů probíhajících na jednotlivých nanočásticích s využitím metody elektrochemické mikroskopie (SECM).

vlivu nanostruktury, dopování a senzibilizace oxidických polovodičů na konverzní účinnost fotoelektrochemického (Grätzelova) solárního článku.



A)



B)

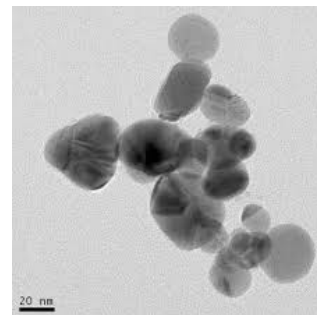
Obr.1: Schéma principu metody rastrovací tunelové mikroskopie (A), mikroskopie atomárních sil (B)

Poznámky k úloze

Praktické cvičení:

na téma **Příprava nanočástic stříbra a jejich charakterizace**

Cvičení povede Lukáš Šimaňok v laboratoři Ing. J. Rathouského CSc. v Centru pro inovace (6.patro)



Seznam úloh:

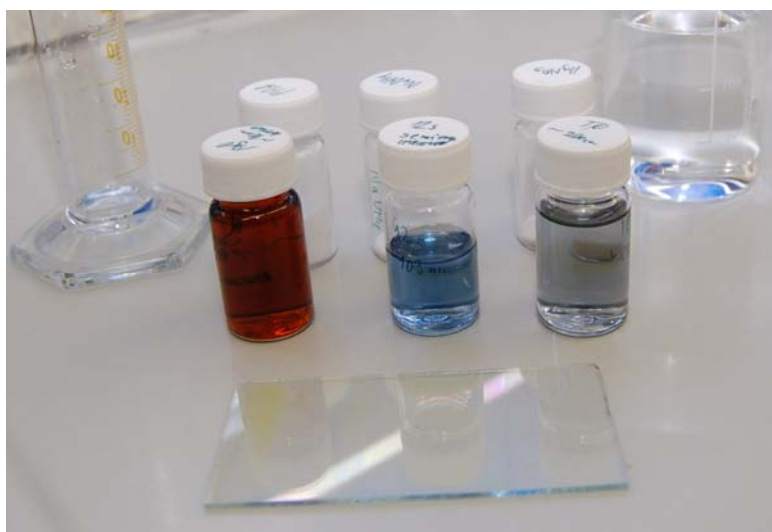
I. Příprava nanočástic Ag redukcí monosacharidy (30 – 50 min)

II. Příprava nanočástic Ag redukcí tetrahydridoboritanem sodným (30-40 min.)

III. Tollensova reakce (15 min)



Studenti v laboratoři obdrží tištěné pracovní postupy ke všem třem úlohám praktického cvičení.



*Ilustrační obrázky - příprava nanočástic stříbra v Centru pro inovace
(zdroj: K Stejskalová, <http://www.jh-inst.cs.cz/nanocentrum>)*

Zdroje obrázků:

vpravo nahoře - Nanočástice stříbra (připravené redukcí citrátem) pod mikroskopem TEM - <http://fchi.vscht.cz/files/uzel/0010367/AU.pdf>

vpravo uprostřed - "Tollensovo zrcátko" - důkaz aldehydů T. činidlem - http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/145/9993.pdf

Praktikum V: Stanovení spektra vzduchu vysoce rozlišenou infračervenou spektroskopií

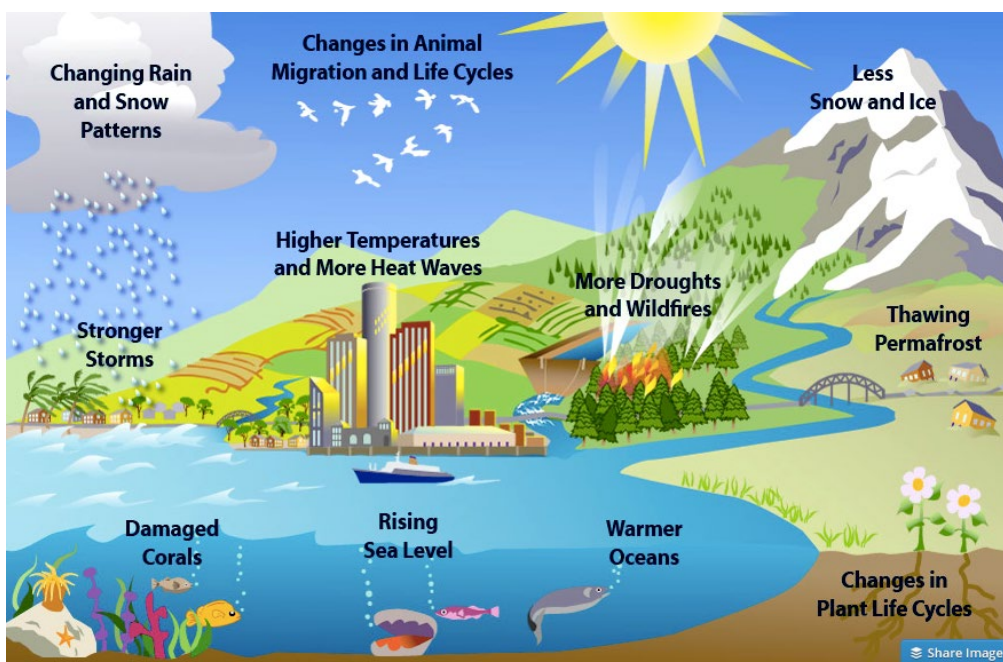
Laboratoř spektroskopie vysokého rozlišení (*suterén, místnost 02*)

lektor: Bc. Antonín Knížek

Zadání: Změřte infračervená spektra vzduchu, pomocí referenčních měření standardů (H₂O, CO₂, CH₄) přiřadte jednotlivé pásy a diskutujte vliv na globální oteplování.

Problém zvaný globální oteplování - nafouklá bublina nebo realita, co nás dohání

Globální oteplování je v současné době stále patrnějším jevem a stále výrazněji ovlivňuje klimatické podmínky na Zemi. V České republice lze jeho vliv pozorovat např. na srážkové aktivitě: srážky u nás jsou intenzivnější a kratší (přivalové deště). Při takových deštích se voda nestihne dostatečně rychle vsáknout do půdy a nedochází tak k efektivnímu doplňování podzemních vod deštěm. V celosvětovém měřítku se pak jedná o tyto projevy: prudší výkyvy teplot, extrémnější jevy v počasí, rozšiřování pouští a celkově vyšší teplota. Cyklus CO₂ na Zemi je schopen pojmout asi 90 Gt tohoto plynu za rok. Cca 56 Gt je vyplněno přirozeným koloběhem a zbytek, tj. 34 Gt, je možné zabrat člověkem. Antropogenní emise CO₂ v posledních letech však tuto hodnotu již přesahují. CO₂ se tedy nestíhá odbourávat či ukládat a jeho koncentrace na Zemi stoupá. Pomocí určení koncentrace CO₂ z ledových krust bylo zjištěno, že jeho koncentrace za poslední 1 mil. let pravidelně oscilovala a až při nástupu průmyslové revoluce a moderní civilizace překonala 400 ppm v atmosféře. Vyšší koncentrace CO₂ (a tedy vyšší parciální tlak) zapříčiňují vyšší rozpustnost ve vodě a tím okyselování oceánů (CO₂ + H₂O = HCO₃⁻ + H⁺). Pro bojování proti tomuto fenoménu je nutné snížit emise CO₂ a najít využití pro CO₂ již emitovaný (např. umělá fotosyntéza). V každém případě je však nutné umět stanovit jeho koncentraci a také koncentraci ostatních skleníkových plynů.

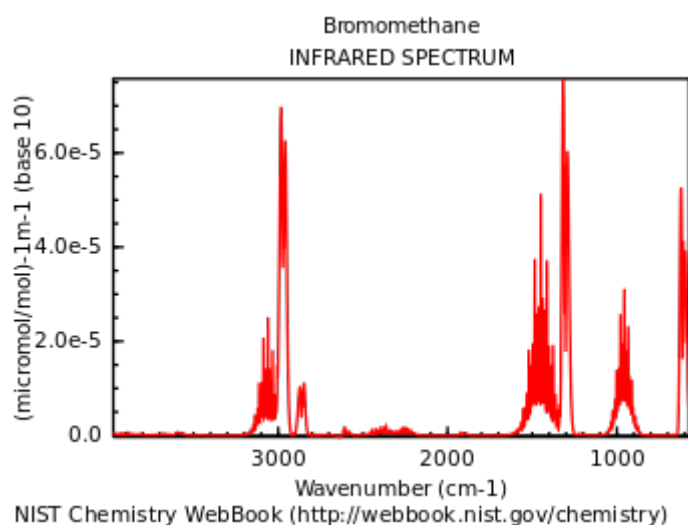


Obr. 1: Vlivy globálního oteplování v celosvětovém měřítku.

(zdroj obrázku 1:

<https://media.licdn.com/mpr/mpr/AEAAQAAAAAAA3nAAAAJDQxZWE0YTQxLTJmZmMtNGRhMi1iN2ZjLTlyNTUzYzVmZmFINQ.png>)

Infračervená spektroskopie - princip metody: Infračervená spektroskopie se zabývá interakcí tepelného záření s hmotou. Při této interakci dochází k excitaci molekul na vyšší rotačně-vibrační hladiny, příp. k deexcitaci na hladinu nižší. Strukturu rotačně vibračního pásu si vysvětlíte během praktika. Každá molekula má specifické pásy a lze ji dle jejích spekter jednoznačně určit. Některé funkční skupiny (např. karbonylová skupina, karboxylová skupina, C-C vazba, O-H vazba, apod.) mají tzv. typické pásy, které se u všech molekul nachází přibližně při stejném vlnočtu. Při měření vysoce rozlišených spekter však uvidíme, že i tam lze najít drobné rozdíly.



Obr. 2: Infračervené spektrum bromethanu s typickou strukturou pásů.

Jednotky v infračervené spektroskopii:

V infračervené spektroskopii se typicky používá pro určení vlnové délky tzv. vlnočty $\tilde{\nu}$. Platí, že $\nu = \frac{c}{\lambda} = c\tilde{\nu}$,

kde ν je frekvence, c je rychlost světla a λ je vlnová délka.

Typicky používaná jednotka vlnočtu je cm^{-1} .

Při práci s plyny se v infračervené spektroskopii běžně používá jednotka tlaku Torr. Jedná se o starou jednotku (Torr pochází ze jména Torricelli) a platí:

1 atm = 760 Torr = 101325 Pa = 76 mm Hg.



Obr. 3: Evangelista Torricelli
(zdroj: Wikipedia)

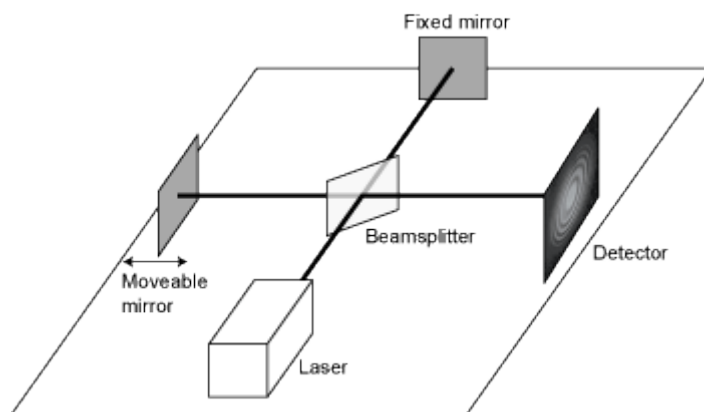
Použité měřicí zařízení - spektrometr Bruker IFS 125 HR: Jádrem spektrometru je Michelsonův interferometr (viz obr. 5). Paprsek je pomocí beamsplitteru rozdělen na dvě poloviny, odražen jedním pevným a jedním pohyblivým zrcadlem a interferometricky složen. Poté prochází do vzorku a na detektor. Detektorem je polovodičový čip. Jelikož zaznamenáváme tepelné záření, je nutné detektor chladit na teplotu kapalného dusíku (77 K). Část záření je absorbována ve vzorku a tím dochází ke vzniku absorpčních spekter. Detektor poskytuje signál ve formě závislosti intenzity záření na posuvu zrcadla. Pomocí Fourierovy transformace je pak signál přepočítán na spektrum (závislost intenzity na vlnové délce/vlnočtu).



Obr. 4: Pohled do laboratoře s přístroji Bruker IFS 120 a 125
(fota pořízeno v laboratoři; archiv ÚFCH JH)

Postup praktického měření:

Na infračerveném spektrometru Bruker IFS 125 HR nejprve změříme spektra jednotlivých plynů, tj. oxidu uhličitého CO_2 , vodní páry H_2O a metanu CH_4 . Poté změříme spektrum vzduchu a přiřadíme jednotlivé pásy příslušným látkám.



Obr. 5: Michelsonův interferometr (schéma) (zdroj: Wikipedia)

Další otázky a úkoly:

- 1) Střed pásu oxidu uhličitého se nachází přibližně při 2340 cm^{-1} . Jaké frekvenci a jaké vlnové délce odpovídá tato hodnota?
- 2) Odečtěte tlak v kyvetě při měření spekter vzduchu a vyjádřete tuto hodnotu v Pa, mm Hg a atm.

Poznámky:

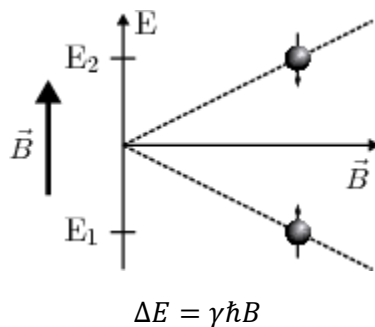
NMR spektroskopie - lektor praktika Dr. M. Lamač

Spektroskopie nukleární magnetické rezonance (NMR) je významnou analytickou metodou chemického výzkumu i praxe. Její přednosti spočívají v nedestruktivní povaze (vzorek není měřením znehodnocen) a především v množství informací o struktuře měřených látek, které je možno získat. Měření lze v principu provádět na kapalných vzorcích (v roztocích) nebo i v pevném stavu, což však vyžaduje speciální přístrojové vybavení. My se v tomto praktiku omezíme na představení NMR spektroskopie kapalných vzorků s využitím spektrometru Varian Mercury 300 (Obr. 1).



Obr. 1: Zleva: a) pohled do útroby NMR magnetu (supravodivá cívka umístěná v kryostatu – za provozu ponořená v kapalném heliu), b) náš NMR spektrometr Varian Mercury 300, c) NMR sonda, v níž probíhá vlastní měření vzorku (na předchozím obrázku je vsunuta zesponu do magnetu)

NMR využívá vlastnosti jader vybraných prvků (jejich izotopů), která se nazývá jaderný spin, a souvisí s kvantovými vlastnostmi (momentem hybnosti) elementárních částic v jádře – protonů a neutronů. Jádra izotopů s lichým počtem protonů a/nebo neutronů mají celkový jaderný spin nenulový a jsou v principu pozorovatelné NMR (nejčastěji se měří ^1H , ^{13}C , ^{19}F , ^{31}P ,...). Nenulový spin je spojen s nenulovým magnetickým dipólovým momentem. Takové jádro se tedy chová jako malý magnet a pokud ho umístíme do vnějšího magnetického pole, může se tento „magnet“ zorientovat ve směru nebo proti směru vnějšího pole (viz. Obr. 2).

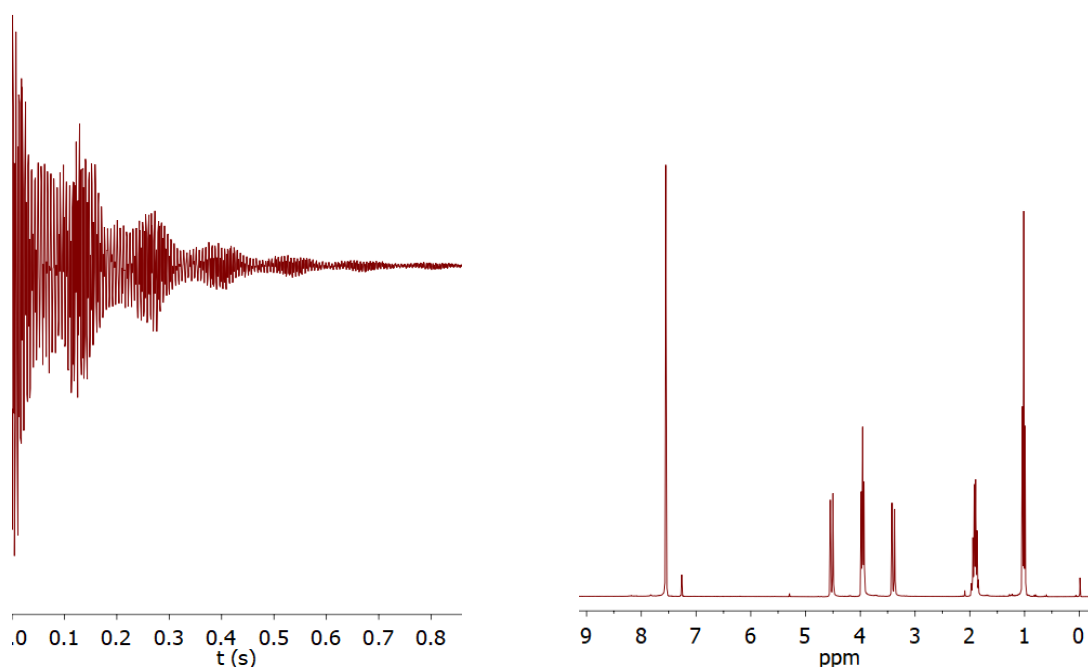


Obr. 2: Vznik dvou energetických hladin (E_1 , E_2) jaderného spinu ($1/2$) v externím magnetickém poli (B). Vysvětlivky: γ je tzv. gyromagnetický poměr (konstanta pro dané jádro), \hbar je redukovaná Planckova konstanta.

Čím silnější je magnetické pole, tím větší je energetický rozdíl mezi dvěma vzniklými spinovými stavy. Za normálních podmínek (pokojová teplota) existuje v měřeném vzorku (kde máme velmi mnoho stejných atomových jader) rovnovážný stav, kdy část jader je na nižší hladině, část na vyšší. Logicky převažují ty na nižší hladině, což je energeticky výhodnější. Během měření vysíláme na vzorek elektromagnetické záření, které způsobí přechod jader na vyšší energetickou hladinu. Pokud se energie použitého záření vyrovná energetickému rozdílu hladin studovaného jádra, dojde k rezonanci, kterou zaznameneáme jako signál ve spektru. Klíčovým faktem je, že rezonanční frekvence každého jádra v analyzované struktuře (molekule) se může mírně lišit z důvodů stínění vnějšího magnetického pole elektrony v obalech atomů, resp. v chemických vazbách. Tyto vlivy jsou ve srovnání se silou vnějšího pole nesrovnatelně slabší, ale přesto jsou měřitelné. Výsledkem je, že každé jádro s rozdílným „chemickým okolím“ se ve spektru projeví signálem s jinou rezonanční frekvencí. V praxi uvádíme frekvenční škálu spekter (osa x) jako tzv. chemický posun δ udávaný v ppm (parts-per-million), vztažený k rezonanční frekvenci vybraného standardu $\nu_{standard}$ (pro ^1H a ^{13}C NMR se používá tetramethylsilan):

$$\delta = \frac{\nu_{vzorek} - \nu_{standard}}{\nu_{standard}} \times 10^6 \text{ ppm}$$

Moderní spektrometry využívají tzv. pulzní techniky, kdy se na vzorek vyšle radiofrekvenční pulz pokrývající celé spektrum frekvencí. Následně se měří odezva vzorku způsobená návratem jader z excitovaného do rovnovážného stavu. Záznam tohoto signálu v čase (tzv. FID – Free Induction Decay) je nutné s pomocí počítače podrobit matematické operaci nazývané Fourierova transformace, jejíž výsledkem je již záznam signálu v závislosti na frekvenci, tedy požadované NMR spektrum (Obr. 3).



Obr. 3: Záznam měření na NMR spektrometru: vlevo detekovaný signál v závislosti na čase (tzv. FID), vpravo spektrum téhož vzorku po Fourierově transformaci, kde vidíme signály při různých chemických posunech.

Podle polohy signálů ve spektru a jejich tvaru (rozštěpení) a s využitím dalších složitějších technik je možné rozluštit chemickou strukturu neznámé látky, nebo alespoň přítomnost různých charakteristických funkčních skupin, apod. Intenzita signálů je přímo úměrná zastoupení daného typu jádra ve vzorku, z poměrů intenzit signálů lze tedy dedukovat molární poměry příslušných atomů v molekule, potažmo poměr různých látek ve směsi. Štěpení signálů je dáno vzájemnou interakcí jader prostřednictvím chemických vazeb, jde tedy o další informaci ukrytou v naměřených spektrech.

Kvalita naměřených spekter je závislá na síle magnetického pole, proto jsou využívány supravodivé elektromagnety, v nichž jsou cívky nabity vysokými proudy, vytvářející silné magnetické pole. Rezonanční frekvence jader je úměrná magnetickému poli, proto se k označování síly NMR magnetů místo obvyklých jednotek magnetické indukce Tesla (T) užívá číselné vyjádření rezonanční frekvence vodíkových jader při daném poli v MHz. Např. náš stroj má pole cca 7.046 T, což odpovídá zhruba rezonanci ^1H při 300 MHz. Pro srovnání, zemské magnetické pole dosahuje na povrchu hodnot 25-65 μT (tj. 0.25-0.65 Gauss), silný magnet na lednici má pole až 10 mT. Nejsilnější současné NMR magnety pracují při frekvencích až 1.5 GHz, což odpovídá poli 35.2 T.



Obr. 4: Pohled do NMR laboratoře univerzity v Bayreuthu v Německu s 1 GHz spektrometrem Bruker Aeon.

Princip NMR je využíván také jako zobrazovací metoda v lékařství. Používá se termín „magnetická rezonance“, MRI („Magnetic Resonance Imaging“) - nejspíše proto, aby se pacient nevydělil přídavným jménem „nukleární“. MRI je založeno na sledování rozdílné relaxace vodíkových atomů (v molekulách vody, lipidů, apod.) v různých typech tkání. Měření v proměnlivém magnetickém poli je získávána informace o prostorovém rozmístění pozorovaných signálů. Zpracováním naměřených dat je pak vytvářen 3D obraz pacienta, přičemž podobu výsledného obrazu, jeho kontrast a typ zobrazovaných tkání lze měnit v závislosti na použité metodě měření, či s využitím tzv. kontrastních látek (obvykle komplexy kovů, např. gadolinia).



Obr. 5: Zobrazování pomocí nukleární magnetické rezonance v lékařství.

Téma praktika

Cílem bude seznámit posluchače s praktickým využitím NMR spektroskopie k analýze známých i neznámých chemikálií. Součástí bude příprava vzorků, instruktáž ovládnání spektrometru, cvičná analýza modelových spekter (^1H , ^{13}C , i dalších vybraných prvků) s vysvětlením základních principů.

Bezpečnost práce

NMR spektrometr, konkrétně jeho supravodivý magnet, je zdrojem silného magnetického pole, které je potenciálně nebezpečné svými účinky na některé (ferromagnetické) kovové předměty. Riziko spočívá především v možném poškození přístroje letícím předmětem. Vzhledem k tomu, že stejnou silou, jakou je přitahován předmět k supravodivé cívce, je také cívka přitahována k předmětu, může dojít k poškození cívky uvnitř kryostatu přiblížením těžkého kovového předmětu. Silné magnetické pole je nežádoucí i pro citlivé přístroje, magnetická záznamová media a může představovat nebezpečí pro osoby s kardiostimulátorem či endoprotézami.

Další nebezpečí souvisí se ztrátou supravodivosti cívky, která má tyto vlastnosti jen při velmi nízké teplotě (lehce nad bod varu kapalného helia, 4.2 K, tj asi $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$). Cívka se nachází ponořena v kapalném heliu v kryostatu, kde je vnitřní nádoba s heliem stíněna vakuovým pláštěm a dále obklopena kapalným dusíkem. Nenadálá ztráta supravodivosti cívky vede k dramatickému zvýšení elektrického odporu materiálu a k zahřátí, které okamžitě způsobí vypaření veškerého kapalného helia v kryostatu. Tento proces vybití magnetu se označuje anglickým termínem „quench“ a je spojen s rizikem poškození přístroje, ohrožením osob v okolí magnetu, nebo minimálně s dodatečnými náklady na opětovné uvedení stroje do provozu (několikadenní proces, vyžadující práci školeného technika a náklady na kapalné helium a dusík ve výši cca 120 tis. Kč v případě našeho stroje). Jak plyne z výše uvedeného, pro bezpečnou práci operátora NMR spektrometru je nutné vědět o riziku nenadálého odpaření velkého množství helia v uzavřeném prostoru (z našeho kryostatu se může naráz odpařit až 22 m^3 helia). V případě podobné nehody je tedy třeba urychleně místnost opustit a zajistit větrání.

Otázky k zamyšlení

- Která vlastnost hmoty je využívána v NMR spektroskopii?
- Které prvky (jejich izotopy) lze pozorovat pomocí NMR?
- Co je to chemický posun?
- Proč se v NMR využívají deuterovaná rozpouštědla?
- Jaké jsou výhody a nevýhody NMR ve srovnání s jinými analytickými metodami?

Praktické měření:

Molekuly silně zachytávající elektrony

Připravil: Mgr. Juraj Fedor, Ph.D.; Oddělení chemie iontů a klastrů
juraj.fedor@jh-inst.cas.cz

Motivace:

V elektrárnách a rozvodových sítích vysokého napětí se běžně pracuje s elektrickým napětím v řádu desetitisíců voltů. Když je potřeba obvod s takovým napětím rozpojit, není to možné udělat s použitím běžného vypínače: došlo by k elektrickému průrazu a proud by tekł nadále ve formě obloukového elektrického výboje. Ve výboji jsou dominantními nosiči elektrického proudu volně letící elektrony. Vysokonapěťové spínače se proto plní plynem, který silně zachycuje volně elektrony a takto zabraňuje vzniku výboje.

Za tímto účelem se používá prakticky výhradně *fluorid sírový*, SF₆. Je to inertní těžký plyn, který velmi efektivně váže pomalé, volně letící elektrony



Tento proces probíhá s velmi vysokou účinností (má vysoký tzv. účinný průřez). Díky takovému zachytávání elektronů nedojde k elektrickému průrazu a k zapálení výboje, díky tomu vysokonapěťový spínač může plnit svou funkci.

S používáním SF₆ je ale spojený vážný problém: jedná se o plyn, který při případném úniku způsobuje silný skleníkový efekt. Jeho Global Warming Potential (GWP) je 23900. GWP je číslo, které určuje, jak silně jedna molekula dané látky přispívá ke globálnímu oteplování v porovnání s jednou molekulou CO₂. V EU je jeho použití zakázáno ve všech oblastech s výjimkou vysokonapěťové izolace. Není totiž znám žádný jiný plyn, který by byl tak dobrým elektrickým izolantem a zároveň měl všechny požadované vlastnosti.

Hledání náhrady SF₆

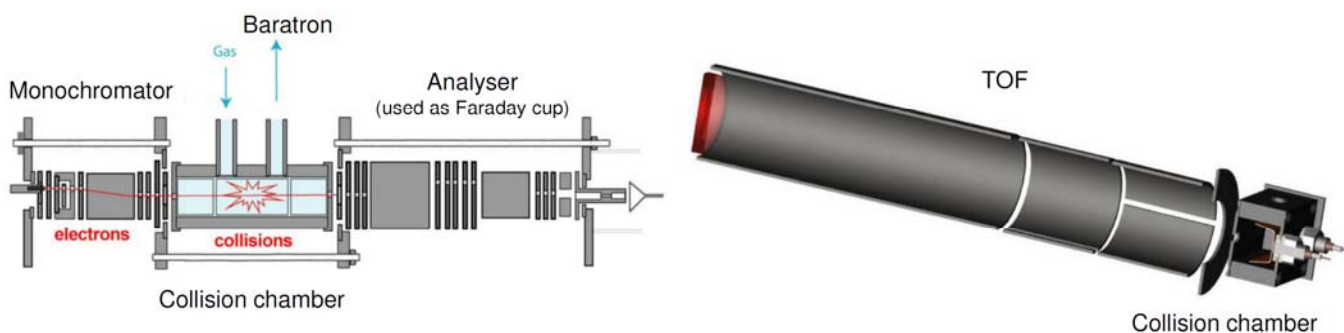
V současnosti je vytipováno několik desítek kandidátů - plynů, které by potenciálně mohly sloužit jako náhrada SF₆ ve vysokonapěťových izolacích. Vesměs se jedná o nově syntetizované látky, které jsou přímo testovány, zda-li zhasí obloukový výboj. V každém případě vhodný plyn musí splňovat řadu kritérií a u převážné většiny těchto nových látek není známá většina fyzikálních vlastností, které případné splnění nebo nesplnění těchto kritérií předurčují. Nutná kritéria zahrnují například:

- Vysoký účinný průřez pro záchyt volných elektronů
- Nízký GWP
- Netoxicity, jak samotného plynu, tak rozpadových produktů, které vzniknou při zapálení případného krátkodobého výboje (přeskočení jiskry)
- Plynné skupenství i při teplotách okolo -40 C.

Naše laboratoř se ve spolupráci s jinými pracovišti a firmami věnuje charakterizaci plynů, které mohou v budoucnu SF₆ nahradit. My se konkrétně věnujeme především měření první z výše uvedených vlastností – toho, jak efektivně molekuly zachytávají volně elektrony. Částečně se také dotýkáme třetího problému, když identifikujeme rozpadové produkty plynů po interakci s elektrony.

Přístrojové vybavení:

Na měření účinných průřezů se používá spektrometr elektronového záchytu. V něm se volné elektrony vyrábějí termoemisí z rozžhaveného vlákna katody. Sérii elektrod jsou pak formovány do paprsku s přesně definovanou energií (taková série elektrod se nazývá trochoidální elektronový monochromátor). V srážkové komůrce, která je naplněná zkoumaným plynem, elektrony interagují s jeho molekulami. Některé srážky vedou k záchytu elektronu na molekuly a vytvoření záporně nabitých iontu, podobně jako v procesu (1).



Vzniklé anionty jsou analyzovány v přeletovém hmotnostním spektrometru (time-of-flight, TOF), který je umístěn kolmo na dráhu elektronového paprsku. Jedná se o krátkou trubici, do které jsou anionty vytaženy ze srážkové komůrky krátkým pulzem vysokého napětí. Čím těžší je iont, tím pomaleji doletí k detektoru. Díky tomu se ionty za dobu přeletu rozdělí podle svých hmotností. Detektor umístěný na konci přeletové trubice je přes sérii detekční elektroniky spojen s počítačem a zaznamenává časovou závislost iontového signálu. Získáme tak informaci, kolik iontů se ve srážkové komůrce vytvořilo a díky tomu můžeme kvantifikovat, nakolik je záchyt elektronů na daný plyn efektivní, tj. určit účinný průřez.

Celý experiment probíhá ve vysokém vakuu kvůli potřebě mít dobře definovaný svazek volně letících elektronů a možnosti jednotlivě detekovat (počítat) anionty.

Praktická měření

Během praktika se budeme věnovat právě plynu SF_6 . Proces (1) je sice dominantním, ale ne jediným reakčním kanálem při interakci SF_6 s elektronem. Naměříme, jaké další rozpadové produkty vznikají a o kolik jsou slabší než hlavní rozpadový kanál. Ukážeme si při tom funkční princip a analýzu dat z přeletového hmotnostního spektrometru.

Poznámky k úloze:

Praktické měření:

Řádkovací elektronový mikroskop I – výklad s ukázkami

Připravil: RNDr. Libor Brabec, CSc.; libor.brabec@jh-inst.cas.cz

Oddělení struktury a dynamiky v katalýze

Princip řádkovací elektronové mikroskopie

V hlavici evakuovaného tubusu emitují ze žhaveného kovového vlákna elektrony, jsou soustředěny do svazku a urychleny elektrickým polem. Po dalším zúžení clonkami a elektromagnetickou optikou dopadá paprsek elektronů na vzorek. Po jeho povrchu přejíždí paprsek po řádcích ve vymezeném obdélníku. To umožňuje elektromagnetická cívka podobným způsobem jako v obrazovkách klasických televizorů. Detegovány jsou pak buď elektrony primární odražené, anebo elektrony sekundární, vyražené z povrchu vzorku. Podrobného obrazu s vysokým zvětšením se dosahuje pomocí elektronů sekundárních. **Nevodivé vzorky je nutno naprášit** tenkou kovovou vrstvou kvůli odvádění elektrického náboje.**

Přístrojové vybavení:

K dispozici je řádkovací elektronový mikroskop JEOL JSM-5500LV z roku 2001. Kinetickou energii elektronů lze nastavit v rozmezí 1-30 keV (urychlovací napětí činí 1-30 kV). Detekcí sekundárních elektronů lze dosáhnout zvětšení 100.000×, s rozlišením cca 10 nm (rozeznatelná vzdálenost mezi dvěma objekty). Detektor zpětně odražených elektronů slouží do zvětšení cca 5.000× zejména v režimu „Low Vacuum“: nízké vakuum je vhodné k prohlížení vzorků obsahujících vodu (vzorky biologické), neboť se zpomaluje její vypařování. Přitom odpadá naprašování kovem: jednak je povrchový náboj zčásti odváděn vodní párou, jednak se jím odražené elektrony příliš neodchylují, na rozdíl od nízkoenergetických elektronů sekundárních.

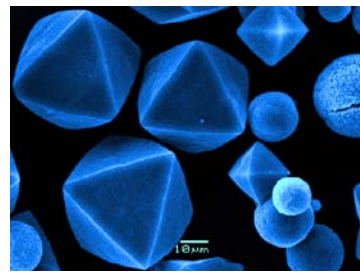
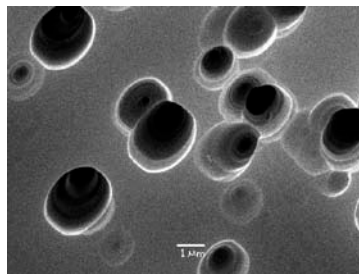
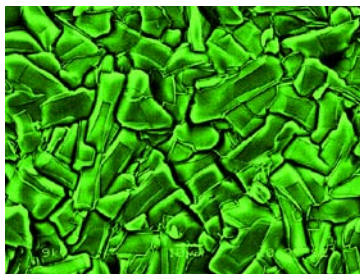
Polohu vzorku ve vakuové komoře lze měnit s přesností 0,001 mm pomocí elektromagnetických šroubů (vpředu). Vzorek lze zvenku také naklánět nebo jím otáčet.

**Naprashování vzorků:

Kovová vrstvička je na **nevodivé vzorky** nanášena naprašovačkou BAL-TEC SCD 050 v doutnavém výboji za nízkého tlaku (argon, 5×10^{-2} mbar). Vrstva Pt o tloušťce asi 10 nm je naprášena za 1 minutu. Platina nebo zlato se k pokovení užívají pro jejich chemickou stálost. Disk Pt nebo Au je ve vakuové komoře naprašovačky zapojen jako katoda. Ve výboji naň dopadají urychlené kationty inertního plynu a do prostoru komory jsou tak rozprašovány shluky atomů kovu.

Zaměření laboratoře:

Laboratoř se zabývá převážně studiem materiálů s definovanou sítí mikropórů (průměr 0,3-1,5 nm) v podobě krystalických prášků nebo polykrystalických vrstev-membrán. Sledovány jsou velikosti a tvary krystalů a jejich uspořádání ve vrstvách. Vnitřní morfologii vzorků lze studovat spojením mikroskopie s leptáním, při němž leptací činidlo (HF) proniká určitým způsobem do vrstev nebo jednotlivých krystalů. Zpětně odražené elektrony jsou využívány při snímkování výbrusů porézního materiálu (keramika Al_2O_3 nebo porézní ocel), vyplněného epoxidem (C, H, O). Odraz je totiž intenzivnější od ploch, obsahujících těžší prvek (Al, Fe). Z většího počtu snímků je možné pomocí stochastické rekonstrukce získat trojrozměrnou repliku porézního materiálu.

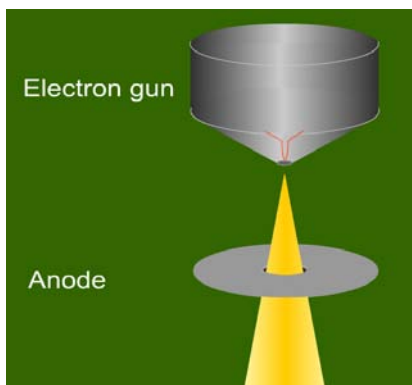


Popis hlavních částí a dějů



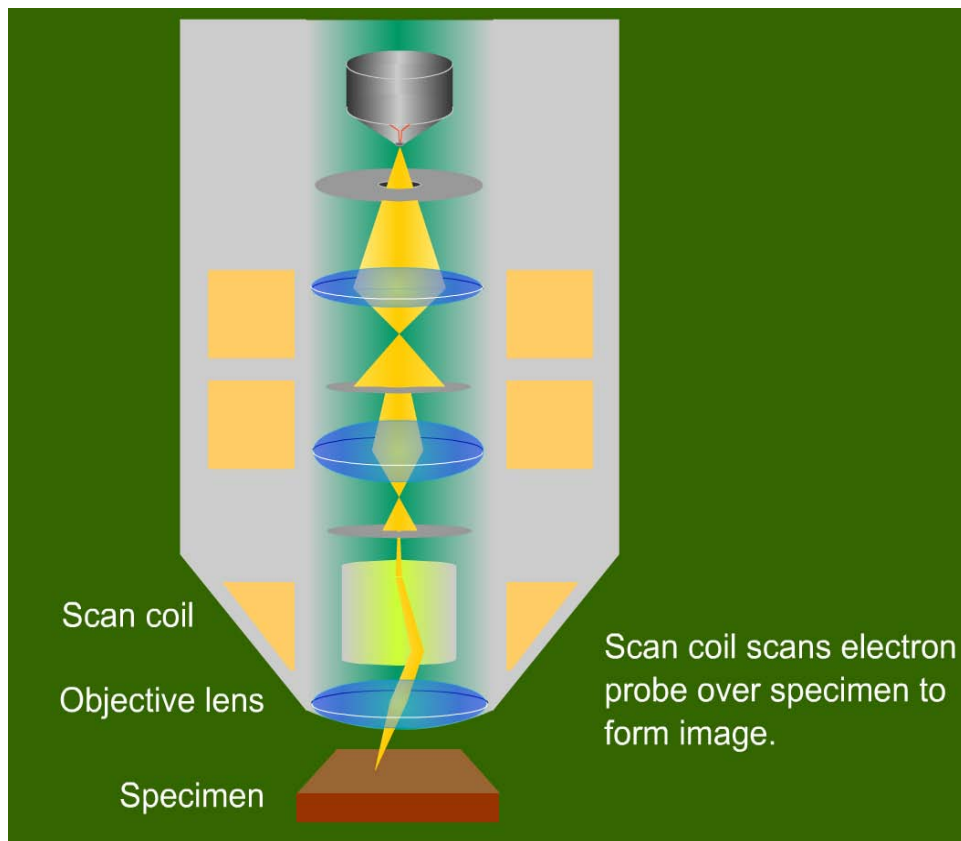
Electron gun

Wehneltův válec (kužel)



Electron gun

Anode



Zdroj elektronů:

Elektrony vylétají z elektricky žhaveného wolframového drátku, tvarovaného do písmene „V“. Držák s drátkem je umístěn ve Wehneltově válci, či spíše kuželi s otvorem ve vrcholu. Elektrony jsou jím odpuzovány. Otvorem proletí pouze elektrony s patřičnou rychlostí (energií) a směrem letu. Teprve tyto elektrony mohou být dále urychleny anodou (destičkou s otvorem, nabitou vůči drátku kladným napětím 1 – 30 kV).

Dráha paprsku ke vzorku:

Svazek elektronů prochází postupně třemi clonkami a elektromagnetickými čočkami, podobně jako světlo clonkami a skleněnými čočkami v mikroskopu optickém. Účelem je odstranit elektrony rozptýlené a soustředit zbývající do úzkého svazku. Na konci tubusu prochází paprsek skenovací cívkou (*scan coil*), jejíž elektromagnetické pole se mění tak, aby se paprsek elektronů pohyboval po řádcích ve vymezeném obdélníku. Po opuštění tubusu a vletu do komory se vzorkem letí elektrony prostorem bez elektromagnetického pole, tedy bez možnosti fokusace. Je proto vhodné, vzorek pokud možno přiblížit k ústí tubusu.

Řádkování na povrchu vzorku:

Vymezená obdélníková plocha na povrchu vzorku se zmenšuje s rostoucím zvětšením, délka řádku se zkracuje. Při zvětšení 100× je délka řádku 1,3 milimetru, při zvětšení 100.000× pak 1,3 mikrometru. Při něm je nutno volit pomalé řádkování kvůli potlačení elektronického šumu. Snímání obrazu pak trvá jednu minutu. Pro zvětšení do 3.000× postačí doba snímání 10 sekund.

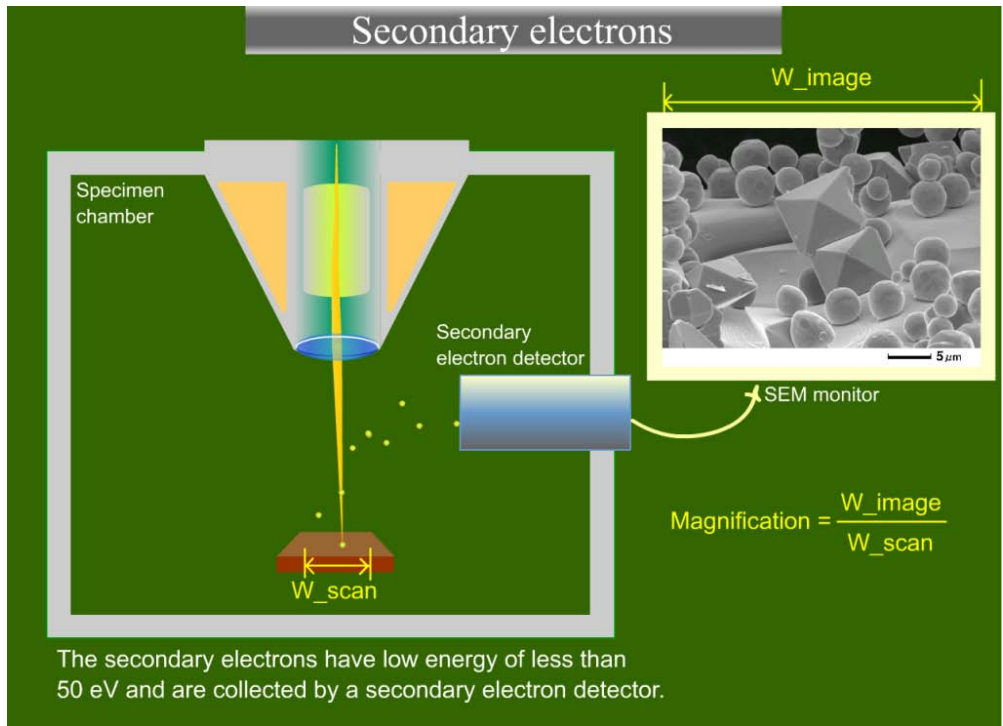
Detekce odražených primárních elektronů:

Využívá se při malých zvětšeních (cca do 5.000×) především u biologických vzorků. Elektrony z paprsku si po odrazu od vzorku veskrze udrží původní rychlost (tj. energii 1 – 30 keV). Odrážejí se pod různými úhly, nejčastěji však pod úhly nepřilíživě vzdálenými úhlu dopadu primárního svazku. Záchytné destičky (senzory) se

proto umisťují kruhově kolem tohoto svazku při ústí tubusu. Primární elektrony se hojněji odrážejí od těžších atomů. Tak lze zjistit např. ostrůvky různých kovů ve slitinách – na hladké ploše jsou světlé nebo tmavé skvrny.

Detekce sekundárních elektronů:

Je znázorněna na obrázku. Sekundární elektrony vyletují z povrchu jednak s nízkou energií (kolem 20 eV), jednak do různých směrů. Je proto třeba urychlit je směrem k detektoru napětím 10 kV. Zde narážejí na jiskřící (scintilační) destičku. Tok elektronů se tak mění na tok fotonů. Světelné záblesky jsou pak zpracovány na zesílený elektrický signál, vedený do počítače a monitoru.

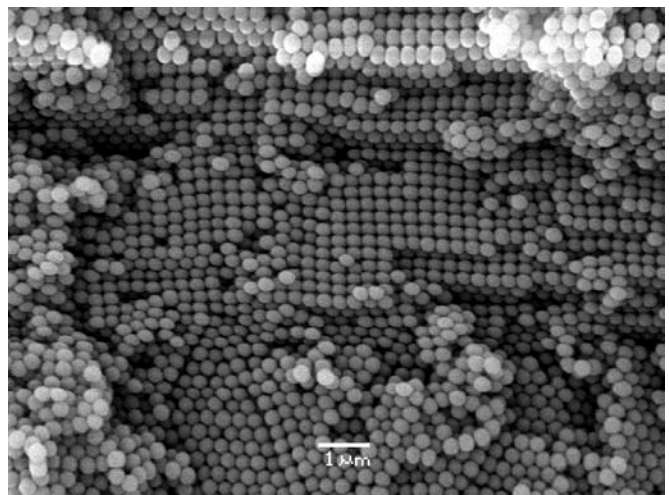
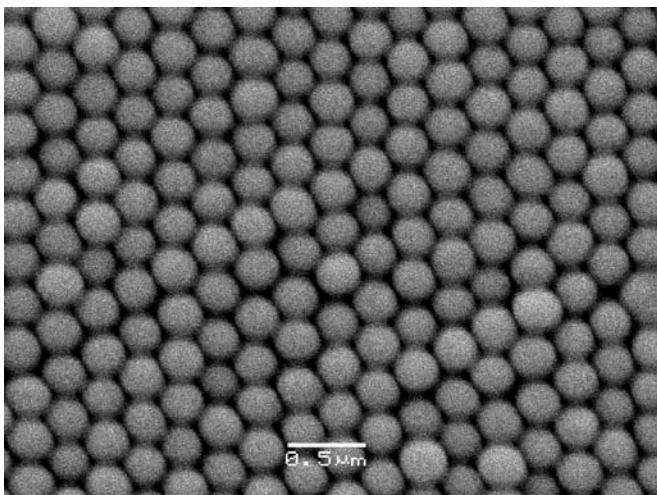


Získaný obraz:

Obraz – obdélník na obrazovce - obsahuje přesný počet čtverečků (pixelů): 1280×960 (poměr stran 4/3). Každý pixel má určitý odstín šedi z možných 256 odstínů. Odstín odpovídá počtu (intenzitě) detegovaných elektronů v příslušném okamžiku. Z plošek, k detektoru přivrácených, je tato intenzita vyšší než z plošek odvrácených nebo z prohlubní. Tak lze z obrazu, stejně jako z fotografie, získat prostorovou představu o pozorovaném povrchu nebo částicích.

Ukázka tzv. koloidního krystalu, složeného ze samovolně uspořádaných kuliček siliky (amorfni SiO₂).

Velikost kuliček je čtvrt mikrometru (250 nm).



Poznámky k úloze:

Praktikum IX: S lasery na molekuly a klastry

Oddělení dynamiky molekul a klastrů,

Kontakt: Ivo S. Vinklárek, email: ivo.vinklarek@jh-inst.cas.cz

Přípravné otázky

Na otázky níže si zkuste najít odpovědi sami, třeba si přečtete nějaký článek na wikipedii (zkuste i anglickou verzi), vesmir.cz nebo osel.cz. Níže v textu potom naleznete tučně vyznačené pojmy, které by vás také mohly zajímat.

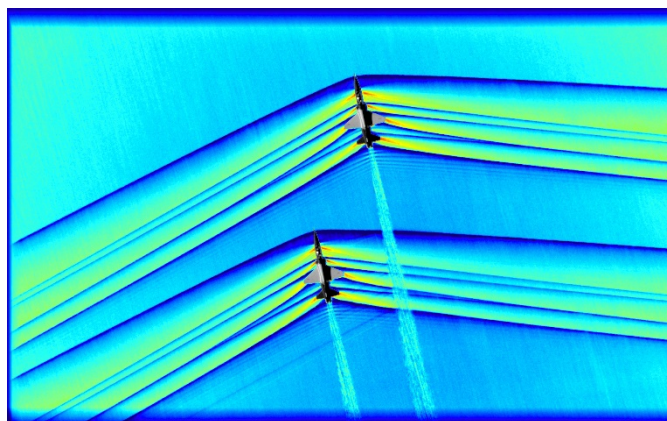
- 1) Jak vypadá spektrum slunečního záření (před vstupem a po vstupu do atmosféry) a jak souvisí s vyzařováním tzv. černého tělesa?
- 2) Co nás chrání před vysoce energetickým zářením ze Slunce?
- 3) Jak ovlivňují freony pronikání UV záření skrze atmosféru?

Téma a aparatura

Ať už se jedná o chemické procesy v průmyslu, atmosféře naší planety nebo na mezihvězdném prachu ve vesmíru, rozhodující vliv na jejich průběh a uskutečnění má stav reaktantů před samotnou reakcí – fáze (skupenství), ve kterém se nachází, jejich volná energie, **kvantový stav molekuly** apod. Například mnohé nám dobře známé reakce jsou v plynné fázi málo efektivní, neboť pravděpodobnost srážky reaktantů je velmi nízká. Naopak v kapalně fázi jsou zcela běžné. Podobně i když už se dva reaktanty nachází v dostatečné blízkosti, může být reakce zamezena například vysokou **aktivační bariérou**. Dále počáteční kvantový stav reaktantů zcela určuje možné otevřené a zakázané chemické dráhy. Chceme-li tedy v budoucnu mít naprostou kontrolu nad rychlostí, produkty a efektivitou chemické reakce, musíme zcela ovládat všechny její určující faktory.

Za normálních podmínek (teplota 20 °C a atmosférický tlak) se molekuly vzduchu pohybují chaoticky s různou rychlostí podle **Maxwellova rozdělení**. Vlivem srážek a interakcí dochází k neustálé výměně energie mezi jednotlivými molekulami ve směru rovnovážného stavu systému, kdy jsou energetické hladiny molekul postupně obsazeny s danou pravděpodobností odpovídající teplotě systému a energií hladin. Aby reakce proběhla podle našich představ, musíme nejprve naše reaktanty připravit v přesně definovaném stavu. To provedeme zchlazením molekul pomocí techniky tzv. supersonických paprsků a následně je dostaneme na námi preferovaný kvantový stav pomocí laserových pulsů s přesně definovanou vlnovou délkou (energií).

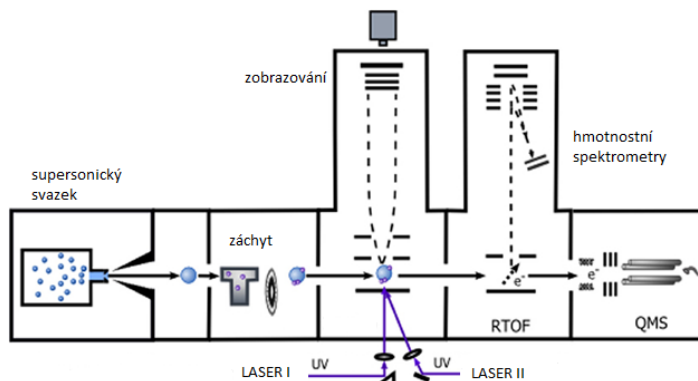
Supersonické paprsky se generují expanzí plynného vzorku do **vakua** skrze otvor o velmi malém průměru. Takto expandovaný plyn bude z termodynamických důvodů významně zchlazen ($\ll 50$ K) a ve směru expanze už nebude docházet k žádným dalším srážkám. Případným zařazením clonky můžeme dále vybrat jenom ty nejrychlejší molekuly, a tak vytvořit molekulový svazek o velmi nízké teplotě, který se šíří v prostoru nadzvukovou rychlostí. Vlivem expanzních podmínek a úpravou geometrie expanzního otvoru lze upravovat intenzitu a teplotu molekulového svazku. V případě velmi efektivního chlazení se molekuly mohou shlukovat do tzv. **klastrů** o počtu jednotek až tisíců molekul. Máme tedy možnost zkoumat jednotlivé neinteragující izolované molekuly, anebo interakce několika molekul v rámci klastru, a tak studovat interakce molekul v plynné i kondenzované fázi.



Obrázek 1: Rázová vlna při nadzvukové rychlosti dvou stíhacích letadel. Zdroj NASA

Samotná příprava reaktantů v molekulovém svazku v přesně definovaném stavu se provádí pomocí laserů – tedy interakcí s **elektromagnetickým polem**. Ze znalosti možných kvantových stavů molekul díky výpočtům teoretické chemie můžeme do systému dodat přesnou hodnotu známé energie pro přechod molekuly (**excitaci**) do vyššího

energetického stavu. Nakonec po proběhnutí reakce můžeme vzniklé produkty pozorovat zase pomocí laserů a polovodičových detektorů – de facto je laserovými pulzy dodáno velké množství energie k odštěpení elektronu a následně vzniklé ionty jsou „vyfoceny“ na fosforescenčním stínítku, nebo změřeny pomocí tzv. hmotnostních spektrometrů, takže určíme přesnou hmotnost vzniklých produktů. Na obrázku 2 je ukázáno schéma aparatury CLUB, kterou používáme na studium chemických reakcí molekul a klastrů v molekulových svazcích.



Obrázek 2: Schéma aparatury CLUB (CLUster Beam apparatus).

Konkrétním předmětem zájmu naší skupiny je

především základní pochopení molekulové dynamiky v procesech vyvolaných **fotonem** (laser) nebo elektronovou ionizací. Naše pozornost se obrací zejména k vlivu okolí (rozpuštědla, klastrů) na chemické reakce, např. klastry vody + zkoumané reaktanty. Příkladným tématem je studium vlivu stratosférických polárních mraků na rozpad ozonu nad Antarktidou. V našich laboratorních podmínkách vytvoříme vodní klastry, které posléze dopujeme v záchytové komoře molekulami polutantu, a dále namísto kosmického záření používáme laserové paprsky v UV oblasti. Podobně můžeme studovat vliv aerosolů v atmosféře, popřípadě rozpad a syntézu polycyklických uhlovodíkových molekul ve vesmíru. Během našeho praktika se podíváme na aparaturu v naší laboratoři a zkusíme si práci s lasery.

Experimenty

V průběhu praktika si ukážeme několik experimentů, abychom si nastínili základní vlastnosti aparatury a techniky, kterou používáme v naší laboratoři Oddělení dynamiky molekul a klastrů.

1) Duha všude kolem nás

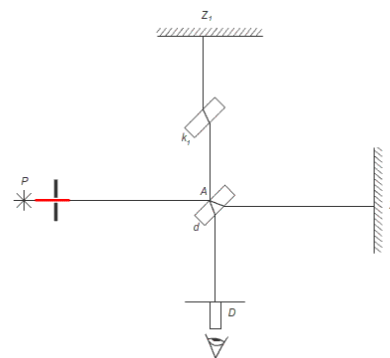


Obrázek 3: Duha. Zdroj Pridebasics.com

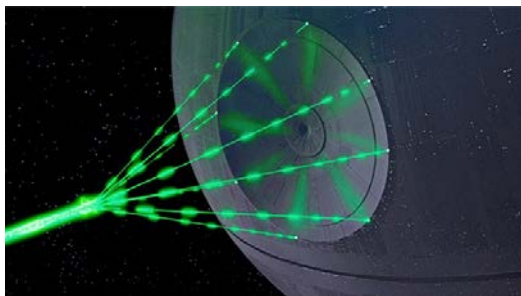
Co je to barva a jak souvisí s vlnovou délkou záření? Pomocí jakých technik dokážeme měřit jednotlivé příměsi barev ve světle? Ukážeme si, jak vzniká duha a jak souvisí s disperzí světla. Na hranolu si demonstrujeme rozklad bílého světla a porovnáme ho s rozkladem světla na mřížce. Co si myslíte, že bude světlo rozkládat lépe, hranol nebo mřížka?

2) Michelsonův interferometr

Pomocí dvou zrcadel, děliče svazku (beam splitteru), dvou čoček a laseru si ukážeme některé základní vlastnosti světla. Také během práce s laserovým svazkem si povíme o vlastnostech laserového svazku a jejich možném využití v experimentální fyzice, chemii a biologii. Nastíníme si rovněž význam Michelsonova interferometru v dějinách fyziky a nakonec si ukážeme aparaturu pro měření absorpčních spekter v infračervené oblasti, kde Michelsonův interferometr používáme pro přesné určení vlnové délky laditelného laseru.



Obrázek 4: Michelsonův interferometr. Zdroj Wiki



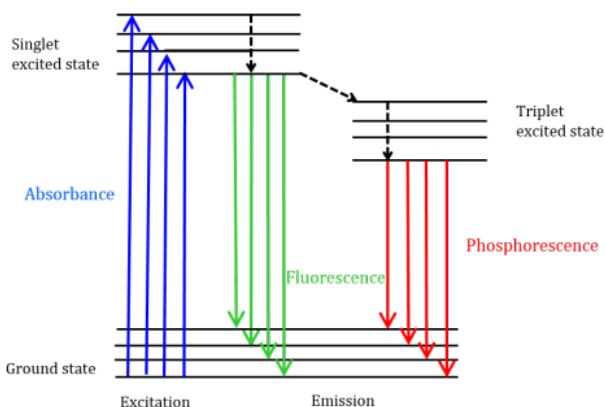
Obrázek 5: Hvězda smrti z Hvězdných válek. Zdroj Lucasfilm

3) Zapálení výboje ve vzduchu

Jak velkou energii mají laserové svazky? A je tato energie dostatečná k zapálení výboje ve vzduchu? Pomocí zafokuzovaného excimerového laseru s vlnovou délkou v UV oblasti (193 nm) zkusíme vytvořit výboj ve vzduchu. Jaký je výkon takového laseru v porovnání s jadernou elektrárnou Temelín?

4) Fluorescence a fosforescence

Určitě jste všichni slyšeli a viděli luminiscenci (spontánní vyzařování) pozorovatelnou u některých látek. Ale co je to vlastně luminiscence, jaké jsou její typy a jak souvisí s kvantovými stavy molekul a lasery? Na všechny tyto otázky si zkusíme postupně odpovědět při pozorování fluorescence na několika vybraných fotosensitizérech (aktivních barvivech) excitovaných pomocí laserů o různé vlnové délce.



Obrázek 7: Jablonského diagram. Zdroj JASCO



Obrázek 6: Fluorescence různých fluorescenčních značek. Zdroj PromoCell

Poznámky k experimentům

Praktikum X: Příprava, charakterizace a aplikace zpevňovacích gelů za účelem ochrany kamenných památek v České republice.

Praktikum proběhne na pracovišti: UFCH JH AV ČR - Centrum pro inovace

Lektorka praktika: Mgr. Monika Remzová, Ph.D.; monika.remzova@jh-inst.cas.cz,
Centrum pro inovace v oboru nanomateriálů a nanotechnologií

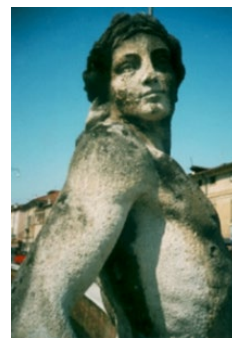
Úvod do problematiky:

V České republice se nachází 39 tisíc registrovaných památek. Tedy zhruba jedna památka na 2 km². A i přesto, že se u nás restauruje téměř v „každé vesnici“, nové konsolidanty (tj. zpevňující materiály), jejichž potřeba se jeví dosti zásadní, se téměř nevyvíjejí. Na našem pracovišti se snažíme nejen o vývoj nových materiálů (v rámci základního výzkumu), ale i o mezioborovou spolupráci vědeckých pracovníků a restaurátorů (tj. o aplikovaný výzkum a vývoj inovací).

Kulturní památky (knihy, obrazy, malby, textilie, kovy, kamenné památky) a zvláště ty, které jsou volně v přírodě, jsou vystaveny po dlouhou dobu procesům **zvětrávání**.

Rozlišujeme tři typy zvětrávání:

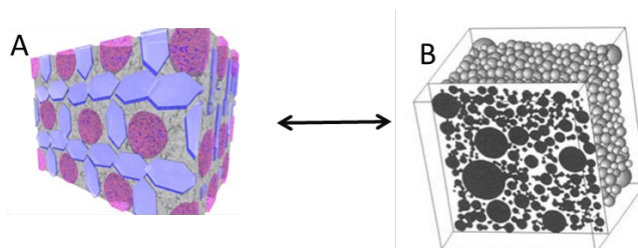
1. fyzikální zvětrávání způsobené výkyvy teplot, vlhkostí, erozivní činností větru a vody, UV zářením;
2. chemické zvětrávání způsobené povětšinou znečištěným ovzduším a kyselým deštěm (SO_x, NO_x);
3. biologické zvětrávání způsobené mikroorganismy (lišejníky, mechy, řasy) a vyššími organismy (rostliny, živočichové).



Vystavením památky dlouhodobému procesu zvětrávání dochází k **degradaci** materiálu, jež ji tvoří, tj. ke ztrátě soudržnosti, praskání a jeho úbytku. Opakem ztráty soudržnosti materiálu je jeho **konsolidace** = zpevnění materiálu, za použití pojiva.

Z minulosti jsou známy případy, kdy v důsledku nedostatečné znalosti vlastností materiálu a výběrem nevhodného způsobu jeho ošetření, byla kamenná památka v konečném efektu spíše poškozena, než zrestaurována. Proto je před aplikací samotného konsolidantu nutné v první řadě analyzovat ošetřovaný materiál, **porozumět fyzikálně-chemické povaze materiálu a okolí**, které

jej obklopuje. S takovými znalostmi jsme schopni připravit ošetřující materiál „šitý na míru“ (**B**), který se připožňuje, tedy je **kompatibilní** svojí strukturou, chemismem



a mechanickými vlastnostmi, ošetřovanému kameni (**A**).

Organokřemičité materiály

mají v oboru restaurování kamene poměrně dlouhou historii. V 19. století byly poprvé ve velkém aplikovány na budovy Houses of Parliament v Londýně. U nás jsou používány asi od roku 1945.

Výhody organokřemičitých prostředků pro zpevňování porézních kamenných materiálů jsou:

- nízká viskozita umožňující dobrou penetraci;
- vznik chemických vazeb se silikátovými (křemičitými) složkami horniny;
- chemická stálost, odolnost proti povětrnostním vlivům a UV záření;
- poměrně jednoduchá aplikace (nátěr, postřik, vakuové napouštění);
- minimální negativní vlivy na původní kámen (změna barvy, propustnost pro plyny a vodní páru apod.);
- možnost použití za určitých podmínek jako pojiva;
- rovnoměrný průběh konsolidace v krátkém časovém intervalu (1 až 2 dny).

I přes nemalý výčet výhod vykazují organokřemičité prostředky i několik zásadních **nedostatků**:

- praskání (tedy ztrátu soudržnosti);
- nesourodost některých jejich fyzikálních vlastností s kamenem (tvrdost, elasticita);
- toxicita některých látek.

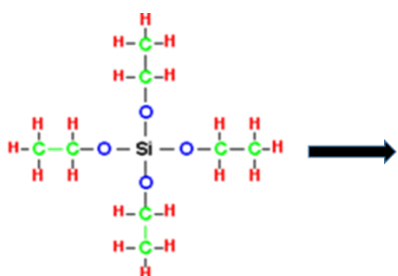


Naší snahou je tyto nedostatky potlačit, nebo ještě lépe, zcela odstranit. Prostředkem, kterým toho lze dosáhnout, je používat různé druhy nanočástic.

Plánované laboratorní činnosti v rámci praktika v laboratoři:

K přípravě, charakterizaci, aplikaci a testování účinnosti vlastního „zpevňovače“ je potřeba:

1. **znalost** principu hydrolýzi a polykondenzace (sol → gel → pevná látka)



2. **chemikálie:** zdroj organokřemičitanu, rozpouštědlo, katalyzátor, nanočástice
3. **laboratorní sklo, přístroje:** kádinky, váženka, Petriho miska, míchadlo, automatická pipeta, váhy, magnetická míchačka, ultrazvuková lázeň.
4. **materiál pro konsolidaci:** zvětralý kámen (nejlépe pískovec)
5. **metody a zařízení pro analýzu:**

přístroj k charakterizaci materiálů - infračervený spektrofotometr *

přístroj k testování dosaženého zpevnění – přístroj pro odporové vrtání **.

* **Principem infračervené spektroskopie** je absorpce infračerveného záření při průchodu vzorkem, při níž dochází ke změnám rotačně vibračních energetických stavů molekuly. Výstupem je infračervené spektrum, které je grafickým zobrazením funkční závislosti energie, charakteristické pro každou funkční skupinu v molekule.

** **Principem odporového vrtání** je měření odporu vůči prostupujícímu vrtáku přístroje zkoumaným materiálem. Výstupem je grafické znázornění pevnosti materiálu vůči jeho hloubce - profil zpevnění kamene.



V rámci praktika budou studenti s lektorkou řešit následující úkoly:

1. Najít kompatibilitu ošetřovaného kamene, nanočástic a připravovaného konsolidantu pomocí infračervené spektroskopie.
2. Připravit etylsilikátové organokřemičité konsolidanty.
3. Aplikovat konsolidační sol na Petriho misky a na ošetřovaný kámen.
4. Otestovat dosažené zpevnění metodou odporového vrtání.

Poznámky k úkolům:



Prázdninová letní škola vznikla za podpory projektů řešených v ÚFCH JH:

„Věda nanečisto: celoroční programy ÚFCH JH rozvíjí nadání a tvořivost žáků“
(reg. č. 0007/7/NAD/2022)

a

„Rozvoj kapacit ÚFCH JH, v. v. i. pro výzkum a vývoj“
(reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_028/0006251).

Dalšími spolupořadatelí byly:
Nadační fond Jaroslava Heyrovského
a společnost Metrohm Česká republika, s.r.o.

ISBN 978-80-87351-61-1 (e-Book)