

Prázdninová letní škola **NANO2020**

17. - 21. srpna 2020



Ústav fyzikální chemie
J. Heyrovského

Letní škola NANO2020

Letní školu na téma

"Nanotechnologie a nanomateriály"

*pro vybrané talentované středoškolské studenty z celé ČR
uspořádaná v rámci projektu r.č.0003/7/NAD/2020*

*"Letní škola NANO2020: cesta nadaných k moderním fyzikálně-
chemickým oborům"(účelová dotace MŠMT v programu č.7
"Podpora nadaných žáků ZŠ a SŠ v roce 2020")*

organizuje:

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

spoluorganizují:

*Nadační fond Jaroslava Heyrovského
firma Metrohm Česká republika, s.r.o.*

Sborník textů k přednáškám, praktickým cvičením, workshopům a exkurzím

předneseným na letní škole NANO2020
ve dnech 17. - 21. srpna 2020
v ÚFCH JH AV ČR, v.v.i.

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



**Sborník prázdninové letní školy
NANO2020
konané 17. - 21. srpna 2020
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

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

Vydání: první

Náklad: 35 kusů

Místo a rok vydání: Praha, 2020

Publikace neprošla jazykovou úpravou

© 2020, Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i.



Letní škola NANO2020



Program

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

Na podpoře školy se společně podílely:

Projekt Letní škola NANO2020: cesta nadaných k moderním fyzikálně-chemickým oborům,
financovaný z programu MŠMT (reg. č. 0003/7/NAD/2020);

Projekt J. Heyrovský Chair, financovaný z programu Evropské komise
pro výzkum a inovace Horizont 2020 (pod grantovým číslem 810310);

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

Pondělí 17. 8. 2020

10:00 - 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, CSc.)

11:00 - 11:45 - Přednáška (úvodní, představující ÚFCH JH a jeho vědu a výzkum)
Ing. Květoslava Stejskalová, CSc.: Moderní směry fyzikální chemie v ÚFCH JH
(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

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

13:00 - 14:00 - - Přednáška (představující obor nanotechnologie)
Lukáš Šimaňok: Úvod do světa nanotechnologií
(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

14:15 -15:15 - Přednáška (z oboru výsledky vědy a jejich aplikace)
Mgr. Věra Mansfeldová, Ph.D. : Ted', ted', ted' tu byl! Aneb Jára Cimrman, pozdě chodící
(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

15:30-16:30 Přednáška (z oboru historie ústavu)
Ing. Květoslava Stejskalová, CSc.: Jaroslav Heyrovský, bádající, objevující
(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

16:30- Diskuse k prvnímu dni školy, představení programu druhého dne školy
(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí; zajišťuje: Ing. K. Stejskalová, CSc.)

Po skončení odborného programu 1.dne školy odjezd mimopražských studentů, metrem trasa C, do stanice Nádraží Holešovice, pak autobusem č.201 do stanice Kuchyňka a potom 5-7 minut chůze do místa ubytování - koleje MFF UK v Praze 7 Tróji (doprovází a zajišťuje Ing. K. Stejskalová, CSc.)



Letní škola NANO2020



Úterý 18. 8. 2020

8:50 - Zahájení druhého dne školy

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

9:00 - 10:00 - Přednáška (z oboru výpočetní chemie)

Mgr. Martin Srnec, Ph.D.: Železo nad zlato: fascinující svět metaloproteinů

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

10:15 - 11:45 - Praktické ukázky měření v laboratořích (studenti po 5 skupinách)

(Rozvedení skupin studentů do laboratoří zajišťuje Ing. K. Stejskalová, CSc.)

Skupina 1 absolvuje praktikum X

Skupina 2 absolvuje praktikum VIII

Skupina 3 absolvuje praktikum V

Skupina 4 absolvuje praktikum IX

Skupina 5 absolvuje praktikum VII

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

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

13:00 - 14:30 - Praktické ukázky měření v laboratořích (studenti po 5 skupinách)

(Rozvedení skupin studentů do laboratoří zajišťuje Ing. K. Stejskalová, CSc.)

Skupina 1 absolvuje praktikum VIII

Skupina 2 absolvuje praktikum V

Skupina 3 absolvuje praktikum IX

Skupina 4 absolvuje praktikum VII

Skupina 5 absolvuje praktikum II

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

Po praktikách následuje krátká přestávka do 14:45

14:45-15:45 - Přednáška (z oboru biofyzikální chemie)

Mgr. Jan Sýkora, Ph.D.: Fluorescence - se světlem za tajemstvím látek a jejich barev...

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

16:00 - Ukončení druhého dne školy

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





Letní škola NANO2020



Středa 19. 8. 2020

8:50 - Zahájení třetího dne školy

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí; zajišťuje: Mgr. M. Zlámalová a L. Šimaňok)

9:00-12:00 - Workshop a přednáška

Studenti rozdělení do 2 skupin A a B (skupinu A tvoří týmy 1, 2 a 3 lidé z týmu 3; skupinu B tvoří 2 lidé z týmu 3 a týmy 4 a 5) absolvují **workshop na téma uplatnění fyzikální chemie ve forenzní analýze** a **přednášku z oboru nanotechnologií** (obojí trvá ca 80 minut). Mezi workshopy je 15 minutová přestávka.

K úlohám workshopu studenti obdrží pracovní listy. Workshop proběhne v učebně EDU v přízemí a zajišťují jej Mgr. M. Zlámalová a Mgr. M. Klusáčková, Ph.D.

Přednášku s názvem **Nanotechnologie - efekty, které nám dopravá příroda** přednese Lukáš Šimaňok v *posluchárně Rudolfa Brdičky v přízemí*.

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

13:00 - 14:30 - Praktické ukázky měření v laboratořích (studenti po 5 skupinách) (*Rozvedení skupin studentů do laboratoří zajišťuje Mgr. M. Zlámalová*)

Skupina 1 absolvuje praktikum IX

Skupina 2 absolvuje praktikum VII

Skupina 3 absolvuje praktikum X

Skupina 4 absolvuje praktikum I

Skupina 5 absolvuje praktikum VI

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

Po praktkách následuje krátká přestávka do 14:45

14:45-15:45 - Přednáška (z oboru přípravy nanomateriálů pro využití v energetice a elektronice)

Mgr. Otakar Frank, Ph.D.: **Komu/čemu patří nanobudoucnost ? 2D materiálům !** (*posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí*)

15:45 -16.00 - Ukončení třetího dne školy

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí; zajišťuje: Mgr. M. Zlámalová a L. Šimaňok)





Letní škola NANO2020



Čtvrtek 20.8. 2020

8:50 - Zahájení čtvrtého dne školy

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

9:00 - 10:30 - Praktické ukázky měření v laboratořích (studenti po 5 skupinách)

(Rozvedení skupin studentů do laboratoří zajišťuje Ing. K. Stejskalová, CSc.)

Skupina 1 absolvuje praktikum IV

Skupina 2 absolvuje praktikum X

Skupina 3 absolvuje praktikum I

Skupina 4 absolvuje praktikum VI

Skupina 5 absolvuje praktikum III

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

Po praktikách následuje krátká přestávka do 10:45

10:45-11:45 - Přednáška (z oboru přípravy nanomateriálů pro využití v energetice a elektronice)

RNDr. Markéta Zukalová, Ph.D.: Anorganické nanomateriály pro moderní zdroje energie *(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)*

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

13:00-14:00 - Přednáška (z oboru nanokatalýzy na kovových klastrech)

RNDr. Štefan Vajda, CSc., Dr. habil.: Katalýza v (sub)nanoměřítku *(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)*

14:15-15:15 – Exkurze do 3 laboratoří ústavu: Odd. nanokatalýzy (Dr. Š. Vajda a tým, míst. 310), Odd. výpočetní chemie (Dr. Z. Sochorová-Vokáčová, míst. 118) a Odd. elektrochemických materiálů (Dr. H. Krýsová, míst. 618). *Studenti rozdělení do třech skupin po 8 lidech absolvují 15-20 minutové exkurze do 3 vybraných laboratoří.*

15:30-16:30 – Přednáška hosta z jiného akademického pracoviště (z oboru fotochemie ve fyzice, biologii a lékařství, mj. účastníka letní školy NANO v roce 2010 ☺)

RNDr. Tomáš Slanina, Ph.D.: Budiž světlo !

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)





Letní škola NANO2020



Pátek 21. 8. 2020

8:50 - Zahájení pátého (posledního) dne školy

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

9:00-10:00 - Přednáška (z oboru katalýzy)

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

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

10:15 -11:45 - Praktické ukázky měření v laboratořích (studenti po 5 skupinách)

(Rozvedení studentů do laboratoří zajišťuje Ing. K. Stejskalová, CSc.)

Skupina 1 absolvuje praktikum I

Skupina 2 absolvuje praktikum III

Skupina 3 absolvuje praktikum IV

Skupina 4 absolvuje praktikum V

Skupina 5 absolvuje praktikum XI

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

13:00 -14:00 Zakončení prázdninové letní školy NANO2020

Předání certifikátů účastníkům školy, odevzdání vyplněných dotazníků, odezva a ohlasy účastníků školy...

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí; zajišťuje Ing. K. Stejskalová, CSc.)



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 XI)** **a lektorů workshopů (W)** **v programu prázdninové letní školy** **NANO2020**

(P I) BOUŠA Milan	RNDr. Ph.D. ✉ milan.bousa@jh-inst.cas.cz
(P II) BRABEC Libor	RNDr., CSc. ✉ libor.brabec@jh-inst.cas.cz
(P VII) FEDOR Juraj	Mgr., Ph.D. ✉ juraj.fedor@jh-inst.cas.cz
(L) FRANK Otakar	Mgr., Ph.D. ✉ otakar.frank@jh-inst.cas.cz
(L) KAUCKÝ Dalibor	Ing., Ph.D. ✉ dalibor.kaucky@jh-inst.cas.cz
(P V) KNÍŽEK Antonín	Mgr. ✉ antonin.knizek@jh-inst.cas.cz
(PVI) LAMAČ Martin	RNDr., Ph.D. ✉ martin.lamac@jh-inst.cas.cz
(P X) LIŠKA Alan	RNDr., Ph.D. ✉ alan.liska@jh-inst.cas.cz
(L) MANSFELDOVÁ Věra	Mgr. Ph.D. ✉ vera.mansfeldova@jh-inst.cas.cz
(P I) NEBEL Roman	Ing. ✉ roman.nebel@jh-inst.cas.cz
(L) STEJSKALOVÁ Květa	Ing., CSc. ✉ kvetoslava.stejskalova@jh-inst.cas.cz
(L) SLANINA Tomáš	RNDr. Ph.D. ✉ tomas.slantina@experientia.cz
(P XI) SPESYVYI Anatolii	Mgr. Ph.D. ✉ anatolii.spesyvyi@jh-inst.cas.cz
(L) SRNEC Martin	Mgr. Ph.D. ✉ martin.srnec@jh-inst.cas.cz
(L) SÝKORA Jan	Mgr. Ph.D. ✉ jan.sykora@jh-inst.cas.cz
(L, P IV) ŠIMAŇOK Lukáš	✉ lukas.simanok@jh-inst.cas.cz
(P III) TARÁBKOVÁ Hana	RNDr., Ph.D. ✉ hana.tarabkova@jh-inst.cas.cz
(L) VAJDA Štefan	RNDr., CSc., Dr. habil. ✉ stefan.vajda@jh-inst.cas.cz
(P IX) VINKLÁREK Ivo	Mgr. ✉ ivo.vinklarek@jh-inst.cas.cz
(W) ZLÁMALOVÁ Magda	Mgr. ✉ magda.zlamalova@jh-inst.cas.cz
(L) ZUKALOVÁ Markéta	Mgr., Ph.D. ✉ marketa.zukalova@jh-inst.cas.cz
(P VIII) ŽOUŽELKA Radek	Mgr., Ph.D. ✉ radek.zouzelka@jh-inst.cas.cz

Letní škola NANO2020

Přednášky

anotace k přednáškám

*(řazeno abecedně,
dle příjmení přednášejících)*

Komu/čemu patří nanobudoucnost ? 2D materiálům !

Mgr. Otakar Frank, Ph.D.

*Vědecký pracovník v Oddělení elektrochemických materiálů,
ÚFCH JH, Dolejškova 2155/3, 182 23 Praha 8.*

Anotace přednášky:

V poslední době jsme svědky nebývalého nárůstu zájmu o uhlíkové nanostruktury, od nanodiamantu přes kulovité fullereny, uhlíkové nanotuby a v neposlední řadě grafen. O jejich významu svědčí i fakt, že za objev dvou z nich byly v uplynulých letech uděleny Nobelovy ceny. Tyto nové materiály za svou popularitu vděčí svým zajímavým vlastnostem a z toho vyplývajících možností praktického využití. Jednotěnné uhlíkové nanotuby například vykazují obrovskou mechanickou pevnost. Bylo změřeno, že uhlíková nanotuba je asi desetkrát pevnější než ocel a zároveň je asi desetkrát lehčí. Je tedy jasné, jaký obrovský potenciál mají uhlíkové nanotuby pro konstrukci lehkých, a přitom velmi pevných součástí. Uplatnění mohou najít v leteckém, či automobilovém průmyslu, ale i při výrobě sportovního vybavení. Další materiálem, který slibuje lidstvu zajímavou budoucnost, je grafen, dvojrozměrný materiál, který lze velmi jednoduše připravit z grafitu odtržením jedné jeho vrstvy za pomoci obyčejné lepicí pásky, je označován jako materiál budoucnosti. Jeho jedinečné vlastnosti, ať už extrémní pevnost, téměř dokonalá elektrická vodivost, elasticita či optická transparentnost, jej předurčují k využití v mnoha aplikacích. Modifikací elektronové struktury grafenu, například pomocí vnějšího elektrického pole nebo mechanickým napětím, můžeme i ovlivnit jeho chování jako polovodiče a otevřít tak cestu k integrovaným obvodům založených výhradně na tomto nanomateriálu. Právě elektronová struktura grafenu totiž jednoznačně rozhoduje o jeho optických vlastnostech (transparentnosti, absorpci) i o tom, zdali bude kovem, polovodičem či izolantem.

Mgr. Otakar Frank, Ph.D.

Zaměření: příprava a charakterizace uhlíkatých nanomateriálů, zejména grafenu a nanotrubiček, pomocí in-situ spektroskopických technik (Ramanská a UV/Vis/NIR absorpční spektroeletrochemie, in-situ Ramanská spektroskopie při mechanickém namáhání), příprava a charakterizace anorganických materiálů a jejich nanokompozitů pro přeměnu a uchování energie.

Vzdělání

*1995-1999 bakalářské studium na PŘF UK v Praze, obor geologické vědy
 bakalářská práce „Výskyt fullerenů v přírodě“, titul Bc.*

*1999-2001 magisterské studium na PŘF UK v Praze, obor geochemie
 diplomová práce „Fullereny v zemské kůře – fikce či realita“, titul Mgr.*

*2001-2005 doktorské studium na PŘF UK v Praze, obor organická geochemie
 dizertační práce „Vznik fullerenů v horninách“, titul Ph.D.*

2005- vědecký pracovník v Odd. elektrochemických materiálů

Je držitelem Ceny Učené společnosti pro mladé vědce (2012), Prémie Otto Wichterleho udělované AVČR (2011) a ocenění Neuron Impuls za fyziku (2016) udělovaného Nadačním fondem Neuron na podporu vědy. Je školitelem diplomantů, doktorandů a středoškolských stážistů (např. v projektech Otevřená věda AVČR). V popularizačním týmu PEXED je dlouhodobě zapojen přednáškami a exkursemi do laboratoří.

Katalýza – moderní trendy materiálového 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 současné době většina procesů a pochodů v chemické technologii využívá v té či oné formě katalyzátory. Proces, chemická reakce, vedený pomocí katalyzátoru bývá efektivnější a probíhá při nižší teplotě, je totiž urychlen v takové míře, že žádané produkty vznikají s výtěžkem a selektivitou jinak nepředstavitelnými, a navíc katalyzátor se téměř nespotřebuje a/nebo ho lze lehce regenerovat.

Obsah přednášky:

Co jsou katalyzátory a katalýza?

Jak jsou katalyzátory v průmyslu a v laboratoři připravovány a kde jsou používány?

Jak jsou katalyzátory a katalýza studovány?

Co je cílem tohoto výzkumu?

S čím se setkáme v laboratořích katalytického výzkumu?

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).

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 (spolupráce s partnery z průmyslu). Svě 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.

Ted', ted', ted' tu byl!
aneb
Jára Cimrman, pozdě chodící

RNDr. Věra Mansfeldová, Ph.D.

*Oddělení elektrochemických materiálů,
Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i., Dolejškova 2155/3, 182 23 Praha 8*

Anotace přednášky:

Duševní vlastnictví je, stejně jako přírodní vědy, každodenní součástí nejen výjimečného života velikána jako byl Jára Cimrman, ale i všech ostatních smrtelníků. Co si lze představit pod pojmem duševní vlastnictví? Kam patří pověstné Járovy bikiny? Mezi patenty, užité vzory, průmyslové vzory nebo ochranné známky? A proč nemůže být vědecký objev chráněn patentem? Dozvíte se:

- Jak si poradit s vlastním nápadem.
- Kam a kdy zajít, když Vás vážně něco vážného napadne (a nebude to medvěd).
- Co musí Váš nápad splňovat, aby ho bylo možné ochránit.
- Kde můžete zjistit, jestli už někdo něco podobného neobjevil.
- A kolik Vás to všechno může stát, ale i co můžete získat.

Mgr. Věra Mansfeldová, Ph.D. (*momentálně na rodičovské dovolené s 27-ti měsíční Bětuškou a 54-ti měsíční Jolankou ☺*)

studovala na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v Praze obor Analytická chemie. V Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského pracuje od roku 2008. Ve své disertační práci, kterou v roce 2016 obhájila, se věnovala studiu nově syntetizovaných ftalocyaninů a jejich využití ke konstrukci nového membránového senzoru pracujícího na biomimetickém principu (napodobujícího funkci buněčné membrány). Ve své vědecké práci využívá mimo elektrochemických a spektroskopických technik rovněž mikroskopie rastrovací sondou. Spolupracovala na projektu vývoje solárního článku na bázi oxidu titanu (mezinárodní projekt týmu profesora L. Kavana). Zabývá se web-designem; je autorkou a správcem webových stránek skupiny mikroskopie rastrovací sondou ÚFCH-JH a mezinárodních konferencí (např. Heyrovský Discussion).

Výsledky své práce dlouhodobě úspěšně popularizuje zájemcům z řad žáků ZŠ a SŠ (např. odborná přednáška o AFM mikroskopii).

Úvod do světa nanotechnologií

Lukáš Šimaňok

odborný pracovník vzdělávacího týmu PEXED
(v projektu Rozvoj kapacit ÚFCH JH pro výzkum a vývoj)
Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR
Dolejškova 2155/3, 182 23 Praha 8

Anotace přednášky:

V dnešní době slyšíme spoustu informací o produktech zázračných nanotechnologií, které si můžeme koupit prakticky kdekoli. Předpona *nano* přilepená k řadě slov je velmi nadužívaným až zneužívaným artiklem, na který lidé slyší. Zmíněné pojmy jsou ale nedostatečně definovány a z tohoto důvodu lidé často netuší, co to nanotechnologie jsou, kde se vzaly, jaká jsou rizika jejich používání a hlavně zda skutečně kupují, co jim slibováno.

Co tedy znamená *nano*- a co jsou vlastně nanotechnologie?

O jak starý a rozšířený obor se jedná?

Proč jsou tyto technologie tak „zázračné“ a co vše musíme udělat, než náš produkt označíme za *nanočástici* a jaké znalosti k tomu potřebujeme?

Na tyto a další otázky se pokusíme odpovědět v této 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, v současnosti pracuje jako odborný pracovník ve výukové laboratoři PEXED (Popularization EXperimental EDucation. S ÚFCH JH již spolupracuje od střední školy, kdy např. V r. 2012 absolvoval třítydenní odbornou stáž 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. $Mg(OH)_2$, TiO_2 aj.), pokročilých sol-gel technik a přípravy povrchů s řízenými vlastnostmi (smáčivost, fotokatalytická účinnost apod.). Nanomateriálům se potom v laboratoři v Centru pro inovace ÚFCH JH věnoval v době svého vysokoškolského studia. Již sedmým rokem se tak aktivně podílí v týmu lektorů workshopů 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 projektu Akademie věd Otevřená věda IV (2014-2015) se v týmu metodiků podílel na tvorbě fyzikálních úloh pro SŠ a ZŠ pedagogy. V roce 2015 portfolio svých výukových aktivit rozšířil o popularizační přednášku pro studenty SŠ na téma *nanomateriály a nanotechnologie*, kterou přednáší jak pro středoškoláky, tak pro pedagogy ZŠ/SŠ a v upravené podobě nově i pro žáky ZŠ.

Nanotechnologie – efekty, které nám dopřává příroda

Lukáš Šimaňok

*odborný pracovník vzdělávacího týmu PEXED
(v projektu Rozvoj kapacit ÚFCH JH pro výzkum a vývoj)
Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR
Dolejškova 2155/3, 182 23 Praha 8*

Anotace přednášky:

V hodinách fyziky a chemie se dozvídáme o mnoha efektech a principech, které se vyskytují v přírodě, ale již málo o tom, jaká je jejich podstata a jak je vlastně příroda sama využívá (ne jen teoreticky, ale také prakticky – tedy jakými konstrukčními postupy jich dosahuje).

V této přednášce si představíme některé principy, které živá příroda využívá a také, jakým způsobem jsme je od ní okopírovali, dále jaké jsou aplikace přírodních copyrightů©, kde se s nimi můžeme setkat v běžném životě, nebo jak si sami můžeme dokázat platnost některých z nich i bez drahého a složitého technického vybavení.

Vysvětlíme si pojem chytré materiály a ukážeme si, jak souvisejí s nanotechnologiemi. Řekneme si, jak souvisí dovednost fakíra udržet se na podložce s hřeby se samočisticími nátěry nebo jak gekon (a další živočichové) udrží své tělo i na hladkém povrchu a jak to všechno souvisí s chytrými podložkami. Denně potkáváme i další aplikace založené na nanotechnologiích, aniž si to uvědomujeme.

Víte, že česká nanověda výrazně pomohla při pandemii koronaviru? Ve světě patří naše vědecká a výzkumná pracoviště mezi elitní, světu dala mnohé patenty týkající se nanotechnologií, které zachraňují životy, ale také šetří finanční prostředky vlád a jejich obyvatel. I některé tyto aplikace si ukážeme a něco si o nich povíme.

Lukáš Šimaňok (1994)

absolvent SPŠCHG J. Heyrovského v Ostravě-Zábřehu, v současnosti pracuje jako odborný pracovník ve výukové laboratoři PEXED (Popularization EXperimental Education. S ÚFCH JH již spolupracuje od střední školy, kdy např. V r. 2012 absolvoval třítydenní odbornou stáž 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. $Mg(OH)_2$, TiO_2 aj.), pokročilých sol-gel technik a přípravy povrchů s řízenými vlastnostmi (smáčivost, fotokatalytická účinnost apod.). Nanomateriálům se potom v laboratoři v Centru pro inovace ÚFCH JH věnoval v době svého vysokoškolského studia. Již sedmým rokem se tak aktivně podílí v týmu lektorů workshopů 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 projektu Akademie věd Otevřená věda IV (2014-2015) se v týmu metodiků podílel na tvorbě fyzikálních úloh pro SŠ a ZŠ pedagogy. V roce 2015 portfolio svých výukových aktivit rozšířil o popularizační přednášku pro studenty SŠ na téma nanomateriály a nanotechnologie, kterou přednáší jak pro středoškoláky, tak pro pedagogy ZŠ/SŠ a v upravené podobě nově i pro žáky ZŠ.

Budiž světlo!

RNDr. Tomáš Slanina, Ph.D.

*Skupina redoxní fotochemie,
Ústav organické chemie a biochemie AV ČR, v.v.i.
Flemingovo náměstí 542/2, 160 00 Praha 6*

Anotace přednášky:

Už v biblickém příběhu všechno se světlem začíná a jeho přítomnost je spojována se vznikem vesmíru. Světlo je však často vnímáno jako nehmotný neuchopitelný element, který nemůže přeměnit hmotu. My si ukážeme, že ozařováním lze vyvolat chemické změny, kdy dochází ke změně struktur a tvorbě nových chemických vazeb.

Mimo jiné se dozvíme odpovědi na následující dotazy:

Proč vám tričko vybledne ale barva na autě ne?

Jak souvisí margarín a hula hop?

Jak fungují samozabarvovací brýle?

Co má společného zubní pasta a mikročipy?

Jak se světlem léčí nemoci a úrazy?

K čemu jsou těžké prvky?

Všechny tyto příklady souvisí s tzv. fotochemií, vědou, která se zabývá kontrolou a řízením chemických procesů pomocí světla. Nahlédneme do ultrarychlých procesů, které se dějí po absorpci světla a uvedeme příklady použití fotochemie ve fyzice, biologii a lékařství.

Tomáš Slanina (*1988)

Tomáš je absolventem Gymnázia Brno-Řečkovice, kde se začal zúčastňovat SOČ, chemické a biologické olympiády. Vystudoval organickou chemii na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v Brně pod vedením prof. Petra Klána. Doktorát vystudoval na sdíleném programu mezi Masarykovou univerzitou a Univerzitou Regensburg v Německu. Po postdoktorandských stážích v Německu, USA, Francii a Švédsku založil v roce 2019 výzkumnou skupinu redoxní fotochemie na Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR.

Tomáš byl členem programu pro nadané studenty JCOMM, získal ceny Ústavu chemie PŘF MU, děkana PŘF MU a rektora MU. Za svoji disertační práci o fotoaktivovatelných molekulách získal cenu Jean-Marie Lehna (1. místo) a cenu Evropské fotochemické společnosti. V loňském roce dostal Cenu Alfreda Badera za organickou chemii pro vědce do 35 let.

Železo nad zlato: fascinující svět metaloproteinů

RNDr. Martin Srnec, Ph.D.

Vedoucí Oddělení výpočetní chemie,

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

Anotace přednášky:

Přednáška přiblíží posluchačům komplexní svět proteinů a to především enzymů, ve kterém hrají prim ionty kovů, jako jsou ionty železa, mědi, manganu, kobaltu, niklu apod. V takovém případě se mluví o metaloproteinech, respektive metaloenzymech. Tyto kovy jsou zásadní pro nespočet biochemicky důležitých reakcí, bez kterých by život v naší podobě nebyl možný. Podílejí se na opravě poškozené DNA, tvorbě neurotransmiterů, imunitních odpovědí, odbourávání radikálů a jiných toxinů z těla, buněčném dýchání, fotosyntéze, fixaci dusíku, a mnoha jiných dějích. V dnešní době se odhaduje, že necelá polovina veškerých enzymů obsahuje nějaký ion kovu, bez něhož by enzym nebyl funkční. Je zřejmé, že mnoho nemocí je právě spojeno s nefunkčností některého metaloenzymu.

V průběhu přednášky se seznámíme s několika fascinujícími příklady a probereme si, co nám přináší studium metaloenzymů z pohledu fyzikální chemie a to především výpočetní (kvantové) chemie. Představíme si, jaké otázky si ve výzkumu obvykle klademe a jaké jsou soudobé výzvy v tomto oboru.

RNDr. Martin Srnec, Ph.D.

Fyzikální chemik, který se dlouhodobě věnuje kovům a jejich funkci v přírodních strukturách, jako jsou bílkoviny (tzv. metaloproteiny). Po studiu na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy strávil dvouletý postdokovský pobyt na Stanfordově univerzitě v USA v experimentální laboratoři zaměřenou na řešení reakčních mechanismů metaloenzymů. Je držitelem Ceny Učené společnosti České Republiky a také Wichterleho stipendia či prestižního Purkyněho Fellowship udělovaného AV ČR.

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 popularizační přednáška stručně 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, seznámí se s řadou spektroskopických a mikroskopických technik používaných v základním i aplikovaném výzkumu vědců ÚFCH JH. Rovněž bude stručně představen 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 zájmem 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" (2009-2020, dosud 31 000 návštěvníků, 31 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 stážistů 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 vědy a techniky aj. Je místopředsedkyní 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 bádající, objevující aneb **Jak dojít k Nobelově ceně**

**popularizační přednáška o životě s chemií,
úspěších a nezdarech, o notné dávkě 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 Jaroslava Heyrovského AV ČR)
2004 2-měsíční stáž na Katolické universitě v Leuvenu (Belgie) s tematikou měření FCS na buňkách
2005-2006 6-měsíční pobyt ve Forschungszentrum Juelich, Německo, se zaměřením na fluorescenční mikroskopii
2007 vědecký pracovník v Ústavu fyzikální chemie Jaroslava 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 ÚFCHJH "Tři nástroje" aktivně zapojil do vzdělávání talentované středoškolské mládeže a popularizace výsledků VaV široké veřejnosti tím, že se podílel na přípravě odborného programu pro návštěvy SŠ studentů na pracovištích oddělení (např. přednášky o oboru fluorescenční mikroskopie, exkurse na pracoviště; program skupiny v rámci letních škol NANO20xx). V rámci zapojení ústavu do projektu "Otevřená věda" se podílel na vedení roční středoškolské stáže studentky Simony Zálohové z Gymnázia v Příbrami.

• Ocenění vědeckou komunitou

2008 - Cena Akademie věd ČR za zvláště úspěšné řešení programových a grantových projektů autorskému týmu ve složení: doc. Martin Hof, Dr.rer.nat., DSc., Mgr. Aleš Benda, Ph.D., Mgr. Jan Sýkora, Ph.D., a Mgr. Jana Humpolíčková, Ph.D., za vědecký výsledek: Porozumění samovolně vznikajícím biomembránám na fázových rozhraních, jejich regulace a příprava

2009 - Hlávková cena

2011 - Prémie O. Wichterleho

Publikační činnost - více než 50 prací v mezinárodních impaktovaných časopisech.

Katalýza v (sub)nanoměřítku

RNDr. Štefan Vajda, CSc., Dr. habil.

*Vedoucí Oddělení nanokatalýzy a ERA Chair,
Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i., Dolejškova 2155/3, 182 23 Praha 8*

Anotace přednášky:

Tato přednáška přehledového charakteru se zaměří na vliv velikosti a atomárního složení sub-nanometrických a nanometrických kovových částic tzv. klastrů a jejich oxidů na jejich katalytické vlastnosti. Selektivita a efektivita těchto modelových katalyzátorů bude pojednána pro vybranou sadu reakcí ekologického, průmyslového či modelově/vzdělávacího významu a to s důrazem na základní porozumění fungování těchto látek s variabilitou jejich složení kontrolovaného s přesností jediného atomu, unikátní kombinací atomů různých kovů či vlivem chemické povahy podložky, na které jsou tyto klastry umístěny. Na vybraných příkladech bude například demonstrováno, jak výměna jediného atomu v klastru může vyvolat dramatickou změnu v jeho chemických vlastnostech.

RNDr. Štefan Vajda, CSc., Dr. habil.

Promoval na Přírodovědecké fakultě University Karlovy v oboru fyzikální chemie, kde posléze získal také titul kandidáta věd v oboru chemie. Po ročním pobytu na University of Chicago jako Fulbright Fellow, habilitaci v oboru fyzika na Freie Universität Berlin a dlouholetém působení v Argonne National Laboratory, se v roce 2019 vrátil do Čech, na Heyrovského ústav. Toto putování kontinenty bylo spojené i s aktivitami v různých výzkumných odvětvích, jako je například časově rozlišená spektroskopie v roztocích, ultrarychlé děje v klastrech a molekulách a také katalýza pomocí částic složených z hrstky atomů.

Anorganické nanomateriály pro moderní zdroje energie

RNDr. Markéta Zukalová, PhD.

*vědecká pracovnice v Oddělení elektrochemických materiálů,
Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i., Dolejškova 2155/3, 182 23 Praha 8*

Anotace přednášky

Životní styl moderního člověka je neodmyslitelně spjat s používáním přenosných elektrických a elektronických přístrojů a zařízení, čerpajících energii pro svůj provoz z baterií. Výrobci automobilů jsou legislativně i ekonomicky motivováni k přechodu na hybridní či čistě elektrický pohon. Důsledkem je rostoucí poptávka po nových typech baterií-akumulátorů, které budou laciné, bezpečné, poskytující maximum energie a schopné nabít se v co nejkratším čase. K těmto moderním typům akumulátorů patří dnes běžně používané a stále průběžně vylepšované baterie Li-ion, obsahující anorganické oxidy či fosfáty jako elektrodový materiál. Vzhledem k velikosti částic těchto materiálů v řádu 10-100 nm lze baterii rychle nabít, chemická stabilita elektrod je pak zárukou bezpečnosti. Lacinějšími analogy lithiových baterií jsou baterie Na-ion, které fungují na obdobných principech. Vzhledem k velkým zásobám sodíku především v mořské vodě by se v případě zvládnutí této technologie, na níž v současné době pracují vědecké týmy z celého světa, vyřešil problém s omezenými zdroji lithia. Velice atraktivním systémem je i akumulátor Li-S, který by byl v případě úspěšného vyřešení technických problémů disponoval nábojovou kapacitou až 1672 mAh/g a gravimetrickou energií 2500 Wh/kg. Zásadní vědeckou výzvou je u tohoto systému, obsahujícího anodu z kovového Li, optimalizace složení katody. Testují se nejrůznější kompozitní materiály obsahující síru inkorporovanou v uhlíkatém či anorganickém porézním nosiči, který poskytne dostatečnou rezervu pro objemové změny katodového materiálu během nabíjení a vybíjení.

RNDr. Markéta Zukalová, Ph.D.

Absolventka PŘF Univerzity Karlovy v oboru fyzikální chemie (RNDr.) a anorganické chemie (Ph.D.)

V současnosti pracuje jako vědecká pracovnice v Oddělení elektrochemických materiálů a významně se podílí coby řešitelka či koordinátorka na řešení projektů základního či aplikovaného výzkumu v oboru nanomateriálů pro aplikace v energetice a elektronice a to jak tuzemských, tak zahraničních. Výsledky své práce předává doktorandům a rovněž obor popularizuje přednáškami jak studentům, tak veřejnosti. Zapojila se např. jako garantka dílu O bateriích do tvorby vzdělávacího cyklu Nezkreslená věda (2016).

Letní škola NANO2020

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 (M. Bouša nebo R. Nebel, m. 022 v suterénu)

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

Praktikum III – Mikroskopie rastrovací sondou studuje nanosvět (H. Tarábková, 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. Fedor, lab. klastrů v m. 9 v přízemí)

Praktikum VIII - Chytrý nátěr, který čistí vzduch i povrchy budov (fotokatalýza na TiO_2) (R. Žouželka, lab. Centra pro inovace, m. 604)

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

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

Praktikum XI - Hmotnostní spektrometrie: analýza složitých směsí organických látek (A. Spesvyji, lab. analýzy dechu m. 216)

Den	Časy	skupina 1	skupina 2	skupina 3	skupina 4	skupina 5
Úterý 18.8.	10:15-11:45	Praktikum X A. Liška	Praktikum VIII R.Žouželka	Praktikum V A. Knížek	Praktikum IX I. Vinklárek	Praktikum VII J. Fedor
	13:00 -14:30	Praktikum VIII R.Žouželka	Praktikum V A. Knížek	Praktikum IX I. Vinklárek	Praktikum VII J. Fedor	Praktikum II L. Brabec
Středa 19.8.	13:00-14:30	Praktikum IX I. Vinklárek	Praktikum VII J. Fedor	Praktikum X A. Liška	Praktikum I M.Bouša	Praktikum VI M. Lamač
čtvrtek 20.8.	9:00-10:30	Praktikum IV L.Šimaňok	Praktikum X A. Liška	Praktikum I M.Bouša	Praktikum VI M. Lamač	Praktikum III H.Tarábková- Janda
pátek 21.8.	10:15-11:45	Praktikum I R. Nebel	Praktikum III H.Tarábková- Janda	Praktikum IV L.Šimaňok	Praktikum V A. Knížek	Praktikum XI A. Spesyvyi

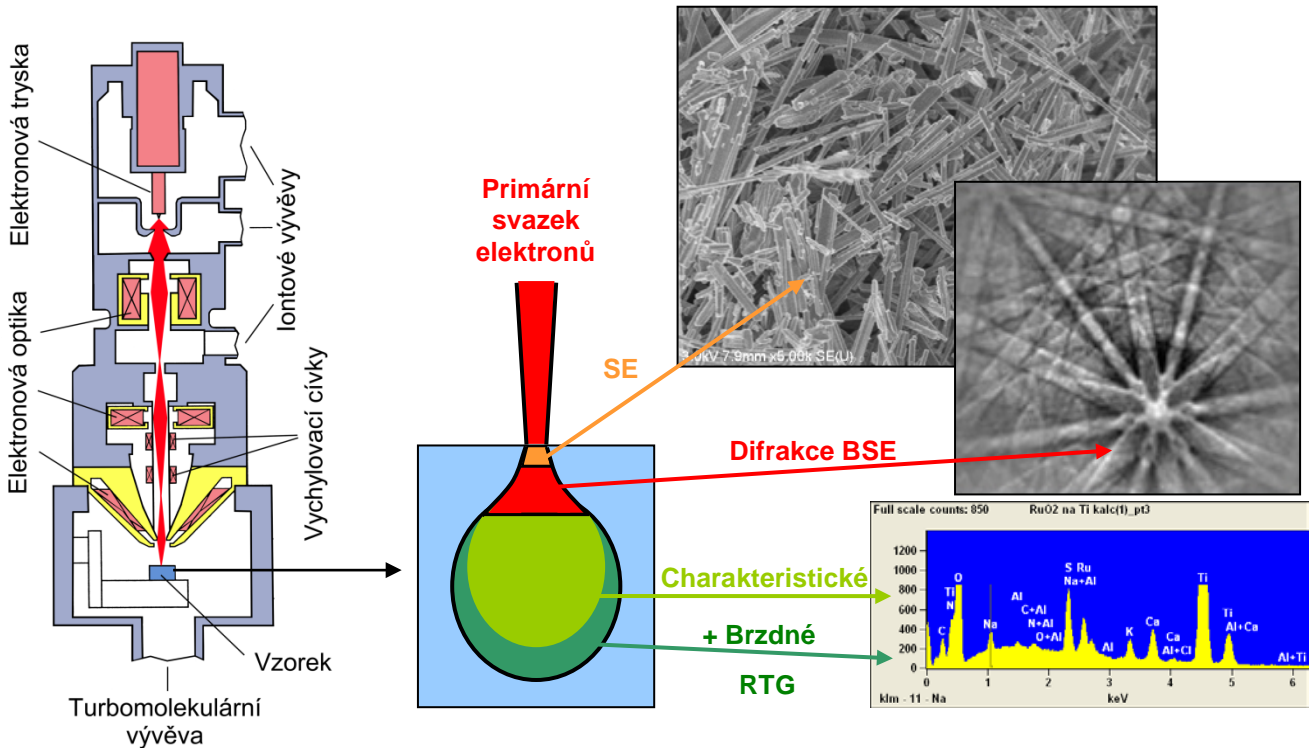
Pracoviště elektronové mikroskopie II – EDX (EDS)

Připravil: RNDr. Milan Bouša, Ph. D.; milan.bousa@jh-inst.cas.cz

Oddělení elektrochemických materiálů

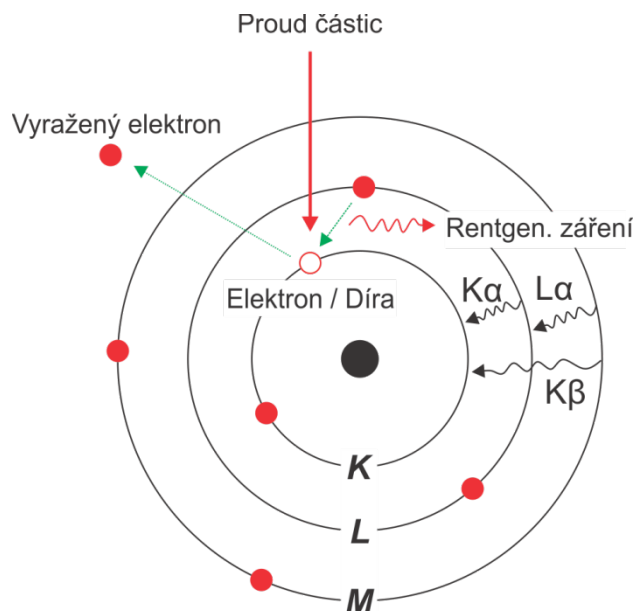
Přístrojové vybavení:

Jak již bylo podrobně popsáno v první části, v elektronovém mikroskopu se k zobrazování využívá svazku urychlených elektronů. V porovnání s fotonou 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**nery-**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 (slupek) od jádra. Tyto hlavní slupky se označují **K**, **L**, **M**, atd. Nabité 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.

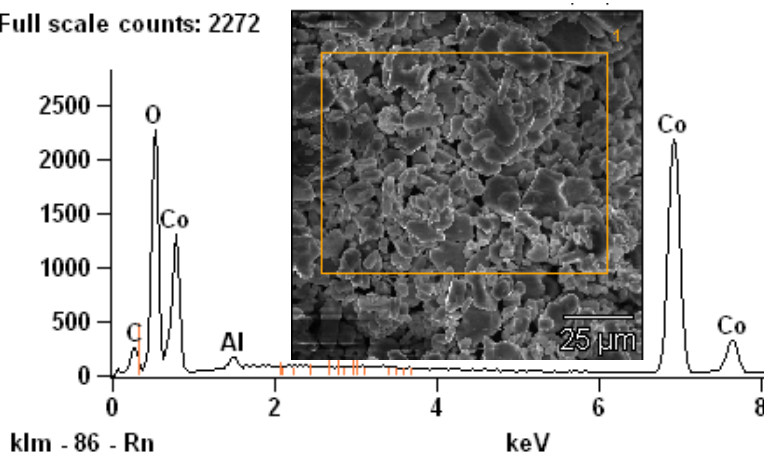


Příklady možností systému EDX:

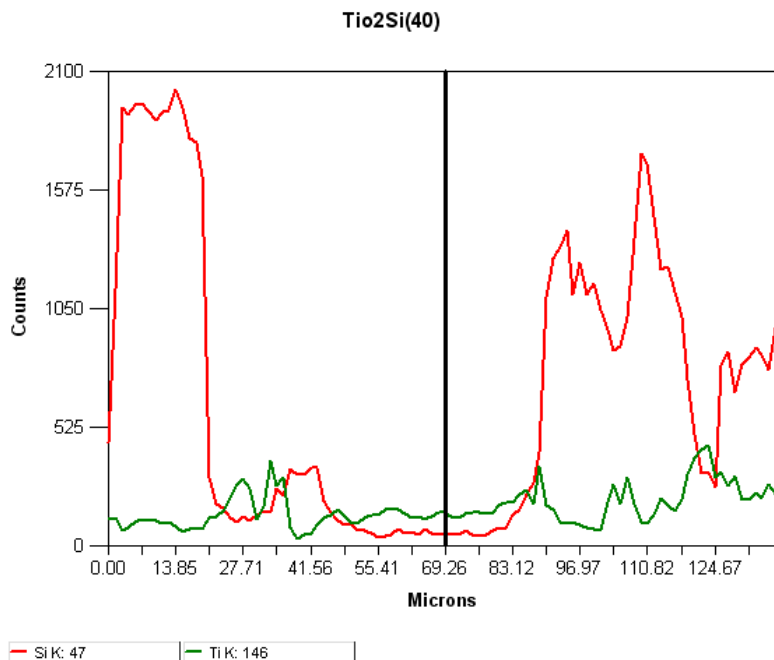
Měření spekter zaměřené oblasti, definovaných bodů, apod.

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

Full scale counts: 2272

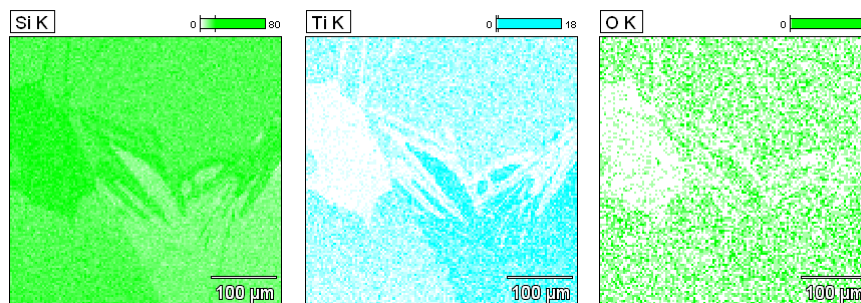
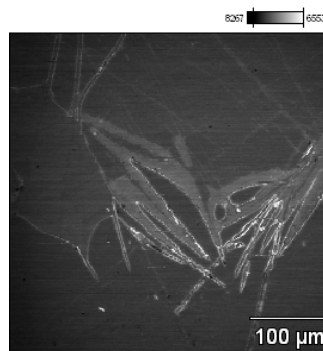


tvare



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:

Praktické měření II.:

Řádkovací elektronový mikroskop – 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.

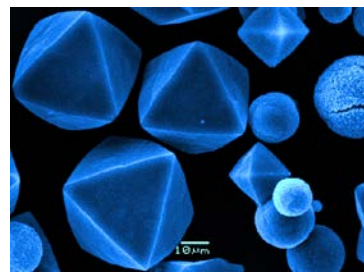
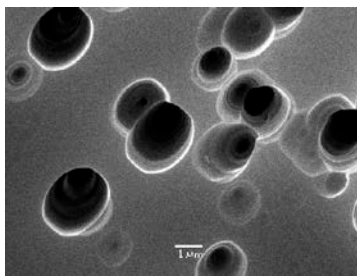
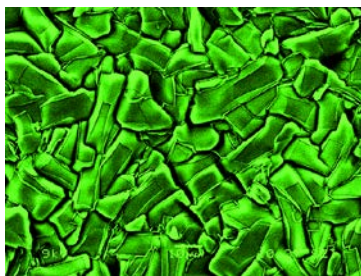
Polohu vzorku ve vakuové komoře lze měnit s přesností 0,001 mm pomocí elektromagnetických šroubů (vpředu). Vzorek lze zvenku také naklánět nebo jím otáčet.

**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 naprašena 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.

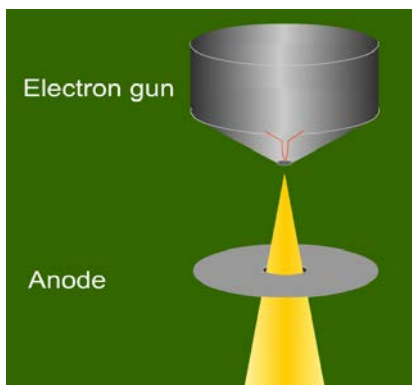


Popis hlavních částí a dějů



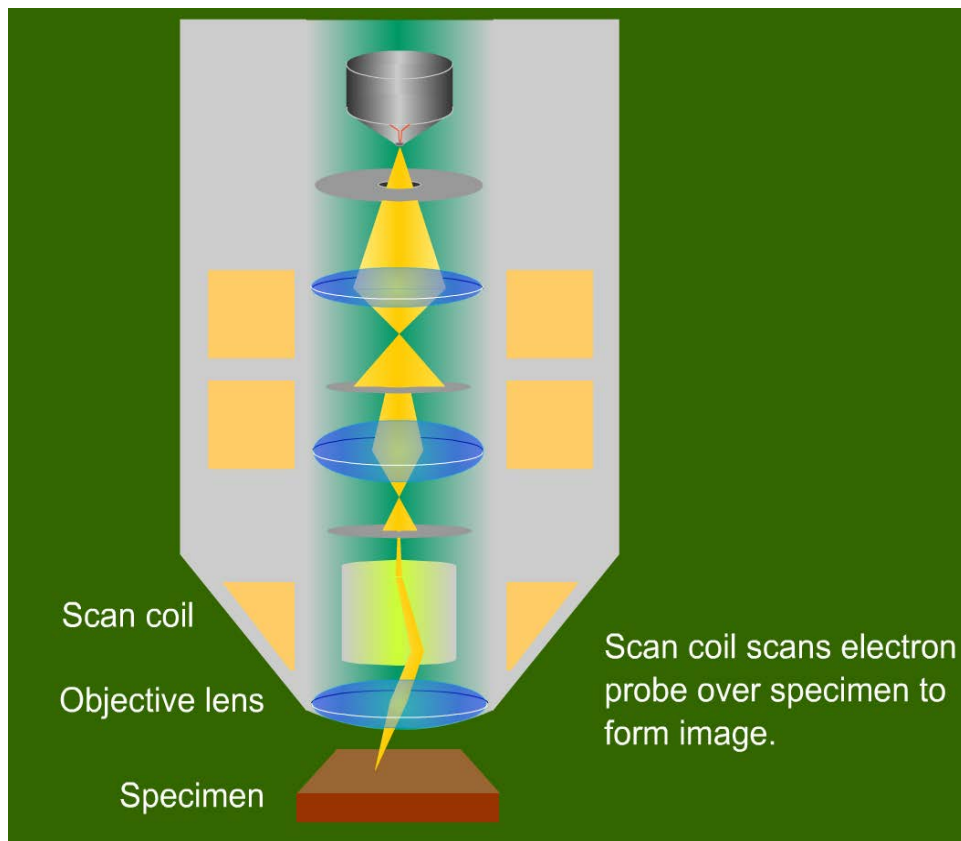
Electron gun

Wehneltův válec (kužel)



Electron gun

Anode



Scan coil

Objective lens

Specimen

Scan coil scans electron probe over specimen to form image.

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.

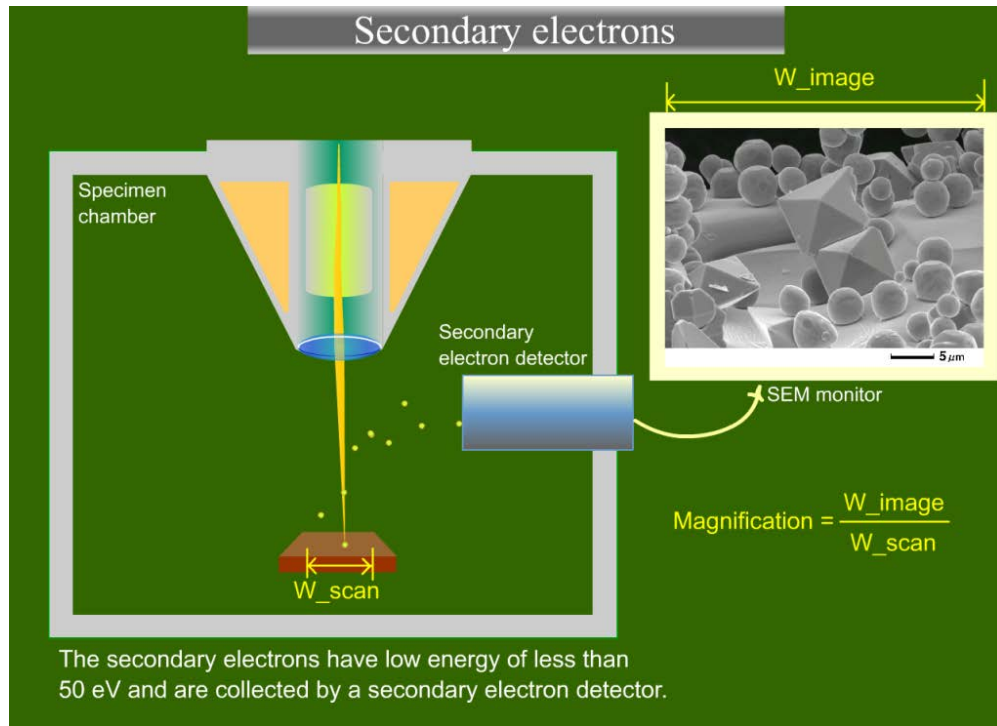
Detekce odražených primárních elektronů:

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 vylétují 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.

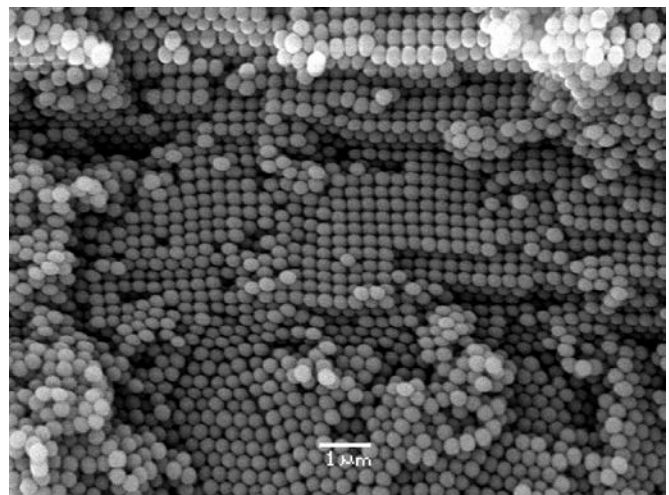
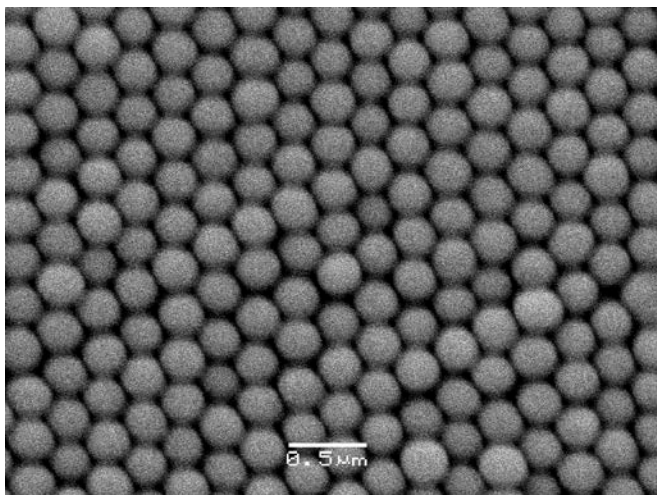


Získaný obraz:

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:

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.

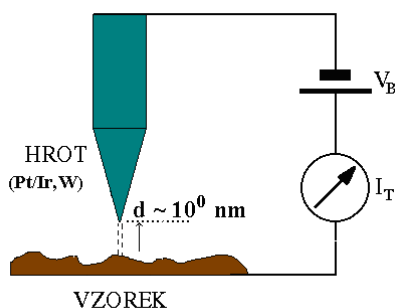
Krátký popis zaměření laboratoře:

Laboratoř se zabývá studiem :

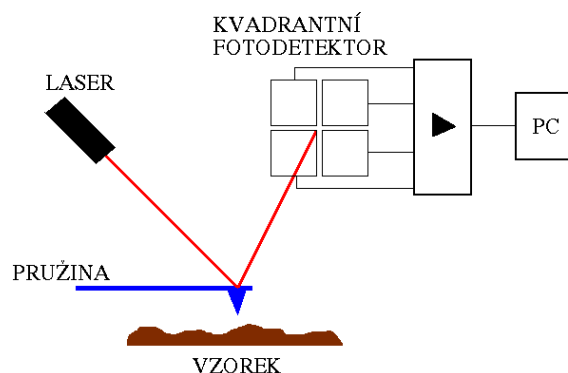
topografie a stability kovových nanočástic imobilizovaných na monokrystalických substrátech a optimalizací jejich vlastností pro použití v elektrokatalýze a senzorech.

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

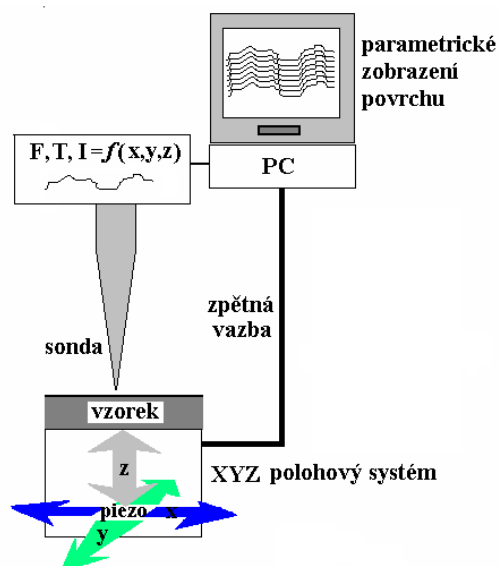
Mikroskopie rastrovací sondou a odvozené techniky

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.

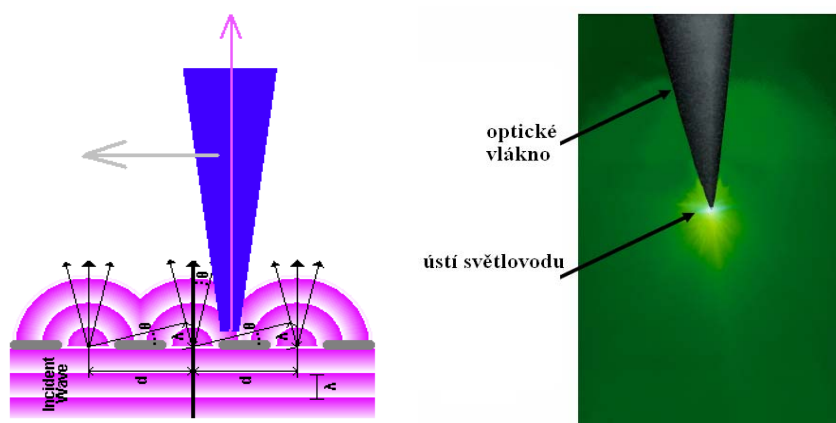
Obr. 1: Schématické znázornění mikroskopu rastrovací sondou



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.

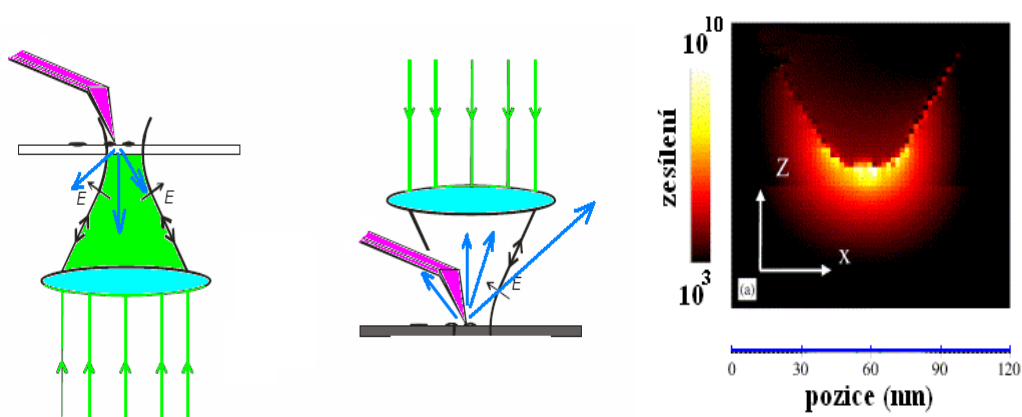
Objev optické mikroskopie blízkého pole (Near-Field Scanning Optical Microscopy and Spectroscopy, NSOM/SNOM), využívající systému mikroskopie rastrovací sondou v součinnosti s optikou blízkého pole (obr. 2) umožnil poprvé zobrazit světelným mikroskopem struktury s rozlišením téměř o dva řády větším než 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.

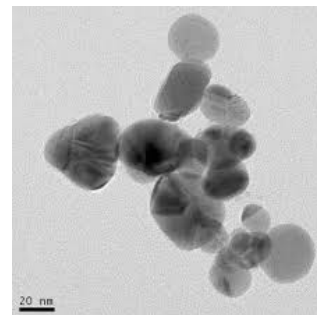
Doporučená literatura:

- 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 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:

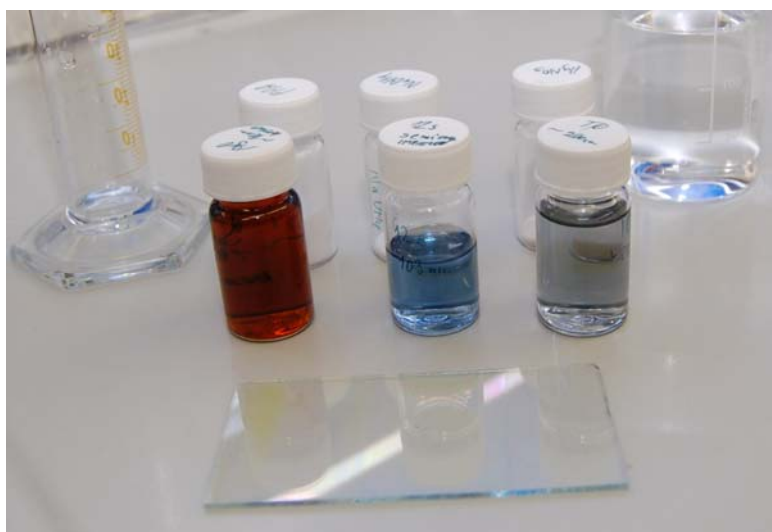
I. Příprava nanočástic Ag redukcí monosacharidy (30 – 50 min)

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

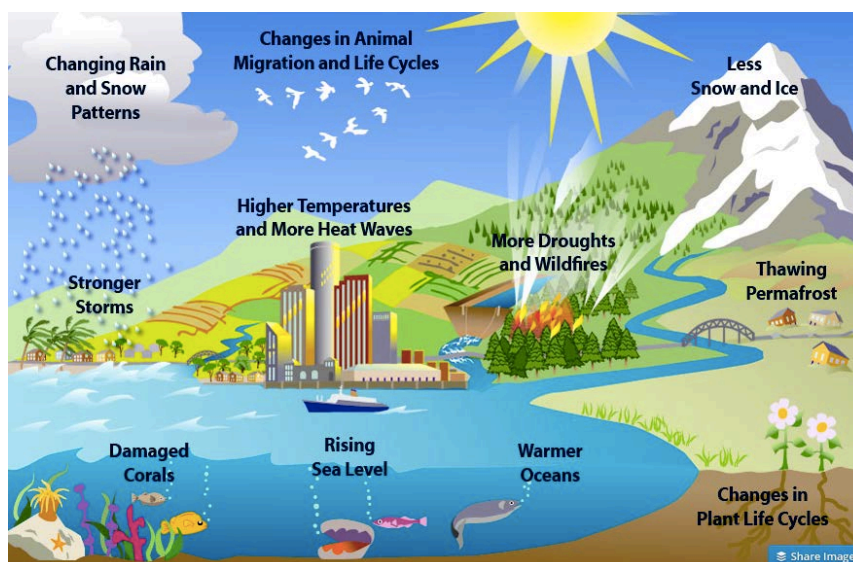
Laboratoř spektroskopie vysokého rozlišení (*suterén, místnost 02*)

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 nestihá 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.

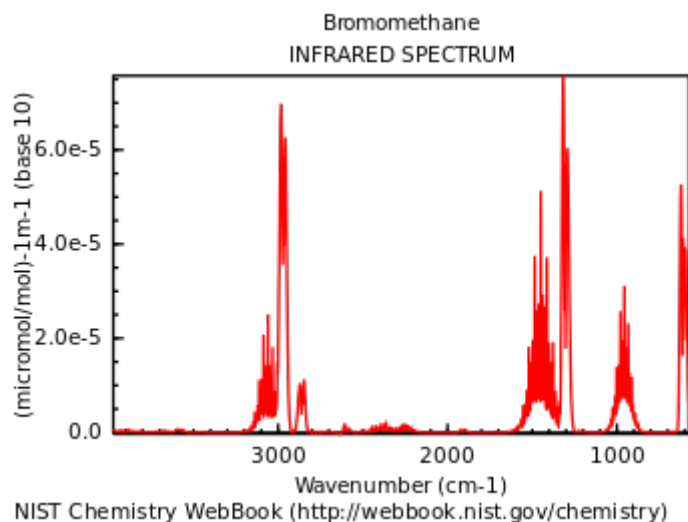


Obr. 1: Vlivy globálního oteplování v celosvětovém měřítku.

(zdroj obrázku 1:

<https://media.licdn.com/mpr/mpr/AEEAAQAAAAAAAA3nAAAAJDQxZWE0YTQxLTJmZmMtNDRhMi1iN2ZjLTlyNTUzYzVmZmFINQ.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. karboxylová 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. vlnočet $\tilde{\nu}$. 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} .

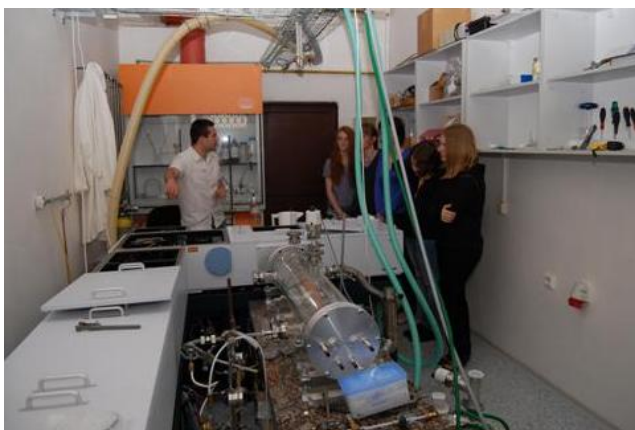
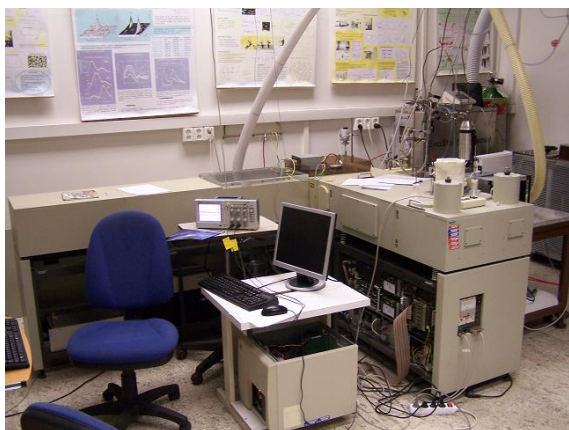
Při práci s plyny se v infračervené spektroskopii běžně používá jednotka tlaku Torr. Jedná se o starou jednotku (Torr pochází ze jména Torricelli) a platí:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ Torr} = 101325 \text{ Pa} = 76 \text{ mm Hg.}$$



Obr. 3: Evangelista Torricelli
(zdroj: Wikipedia)

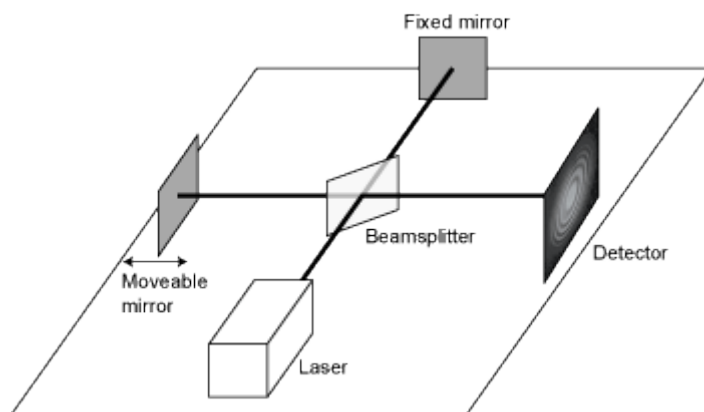
Použité měřicí zařízení - spektrometr Bruker IFS 125 HR: Jádrem spektrometru je Michelsonův interferometr (viz obr. 5). Paprsek je pomocí beamsplitteru rozdělen na dvě poloviny, odražen jedním pevným a jedním pohyblivým zrcadlem a interferometricky složen. Poté prochází do vzorku a na detektor. Detektorem 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:

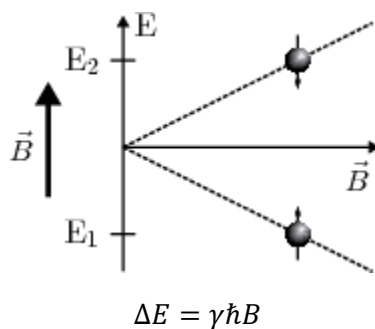
NMR spektroskopie - lektor praktika Dr. M. Lamač

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).

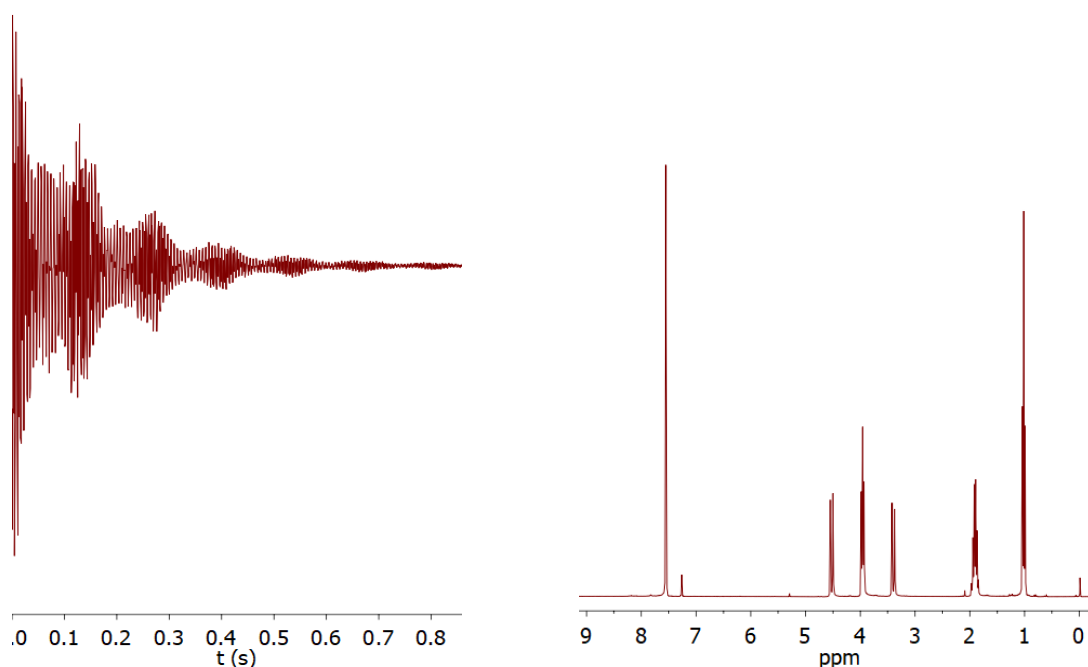


Obr. 2: Vznik dvou energetických hladin (E_1 , E_2) jaderného spinu (1/2) v externím magnetickém poli (B). Vysvětlivky: γ je tzv. gyromagnetický poměr (konstanta pro dané jádro), \hbar je redukovaná Planckova konstanta.

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. Měřením 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 desítek tisíc 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 tek l nadále ve formě obloukového elektrického výboje. Ve výboji jsou dominantními nosiči elektrického proudu volně letící elektrony. Vysokonapětové 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 vysokonapětový 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 vysokonapětové izolace. Není totiž znám žádný jiný plyn, který by byl tak dobrým elektrickým izolantem a zároveň měl všechny požadované vlastnosti.

Hledání náhrady SF₆

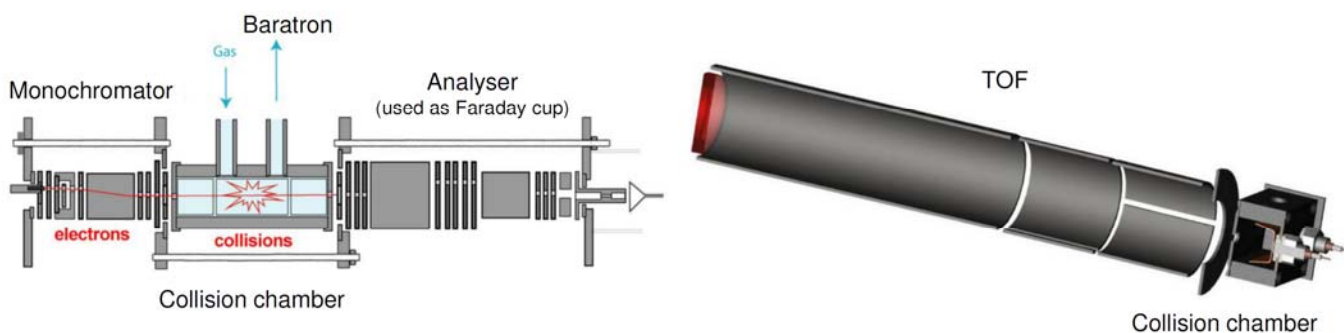
V současnosti je vytipováno několik desítek kandidátů - plynů, které by potenciálně mohly sloužit jako náhrada SF₆ ve vysokonapětových izolacích. Vesměs se jedná o nově syntetizované látky, které jsou přímo testovány, zda-li zhasí obloukový výboj. V každém případě vhodný plyn musí splňovat řadu kritérií 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 cvičení v laboratoři Centra pro inovace:

Chytrý nátěr, který čistí vzduch i povrchy budov

Lektor: Mgr. Radek Žouželka, Ph.D.

V současné době je velmi závažným problémem vysoká úroveň znečištění vzduchu zejména v důsledku intenzivní automobilové dopravy, což má negativní dopad na životní prostředí, nejen člověka a jiných živých organismů, ale i tzv. neživé přírody (např. lesy, skály, vodní plochy) a produktů industriální společnosti (stavby, zejména památky). Dopad je o to závažnější, že dochází k uvolňování škodlivých látek v těch nejnižších vrstvách atmosféry, tedy v úrovních, kde se pohybují lidé. Co se jejich zdraví týče, bylo zjištěno, že kvůli respiračním potížím v důsledku znečištěného vzduchu onemocní a následně zemře, vlivem různých civilizačních chorob způsobených znečištěným životním prostředím, na 600 tisíc Evropanů ročně.

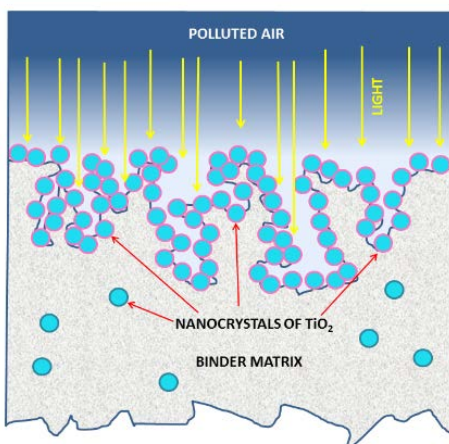
Znečištěný vzduch má však i devastující účinek na povrchy běžných budov a různých stavebních materiálů, jež nás obklopují, a to hlavně památek, které do dnešních dob přečkaly staletí a jsou našim kulturním dědictvím nevyčíslitelné hodnoty. Jistě jste si všimli, že povrchy budov stojících v blízkosti dopravních tepen jsou silně znečištěny produkty spalovacích procesů, např. sazími či jinými pevnými/kapalnými exhaláty produkovanými projíždějícími automobily. Budovy jsou proto nevzhledné a v konečném důsledku může být narušena i jejich kompaktní struktura či konstrukční prvky.

Odstraňování znečišťujících látek z ovzduší je však velmi obtížné, protože se jedná o velké objemy vzduchu, které je potřeba "kolem budov" vyčistit. Ani v dnešní době není technicky možné "prohnat" kontinuálně miliardy metrů krychlových znečištěného městského vzduchu přes účinné nepřetržitě pracující zařízení, v němž by byly molekuly polutantů odstraněny, tj. rozloženy, přeměny apod. Proto musíme hledat nové technologie, kterými by bylo možno tento závažný problém vyřešit.

Nabízí se mnohametrový povrch samotných budov. Možným řešením je totiž využití fotokatalytického procesu, při němž dochází k odstranění usazené "špíny" samočisticím procesem za využití nátěru povrchu budovy fotokatalyticky aktivním nanomateriálem. Tento proces lze realizovat poměrně jednoduše nanesením fotokatalytického nátěru na povrchy budov (lze i na povrch vozovek, chodníků). Velkou předností čistícího procesu je skutečnost, že

čistící proces probíhá za zcela běžných atmosférických podmínek a k jeho vyvolání postačí energie dopadajícího slunečního záření.

V naší laboratorní úloze si takový nátěr připravíme a budeme pozorovat a vyhodnocovat, jak je účinný při odbourávání nečistot (ty bude simulovat barvivo) na povrchu. Nátěr je složen z anorganického pojiva a vysoce aktivních nanočástic oxidu titaničitého (TiO_2), které běžně známe např. z lékových tablet, kterými jsou potaženy, z opalovacích krémů nebo jako bílý pigment v potravinách, např. mléce, jogurtu, pečivu aj. Náš nanomateriál je značně porézní a vyniká velkým účinným povrchem svých pórů ($82 \text{ m}^2/\text{g}$ látky). Póry 1 gramu této látky mají celkový povrch jako 1 házenkářské hřiště!



Obr.1: Porézní fotokatalytický nátěr.



Obr.2: Ošetřené povrchy betonu a omítky.

ÚLOHA:

1. Odvažte 5.0 g TiO_2 a 2.0 g ZnO do 250 ml kádinky a přidáním 50 ml H_2O vytvořte homogenní roztok (roztok 1) - míchejte 15 min na magnetické míchačce. Během míchání si připravte 10%ní roztok anorganické soli (Roztok 2***).
2. Roztok 2 o objemu 50 ml pomalu přilévejte k roztoku 1. Směs začne pomalu tuhnout a vytvoří se bílá kašovitá hmota – fotokatalytický nátěr (viz obr. 1).
3. Pomocí válečku nebo štětce aplikujte nátěr na povrch stavebního materiálu a to ve 3 vrstvách. Mezi jednotlivými nátěry povrch vyfénujte do sucha – ca 30 sekund.

4. Připravte si modelovou znečišťující látku (*barvivo Rhodamin B*).
5. Pomocí rozprašovače nastříkejte nečistotu na povrch stavebního materiálu ošetřeného fotokatalytickým nátěrem. Vyfénujte do sucha.
6. Znečištěnou stavebninu vystavte za oknem slunečnímu UV záření. Pokud nesvítí slunce, použijte UV záření z lampy.
7. Vizuálně vyhodnoťte míru odstranění nečistoty.
8. V případě, že nám zbude chvilka času, můžeme materiál testovat, jak úspěšně likviduje oxidy dusíky, které jsou produkovány např. automobilovou dopravou.
9. Uklidte po sobě své pracoviště a umyjte nádobí 😊.

Další prostor protokolu využijte k poznámkám k úloze a k jejímu vyhodnocení:

***Roztok 2 (anorganická sůl):

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.

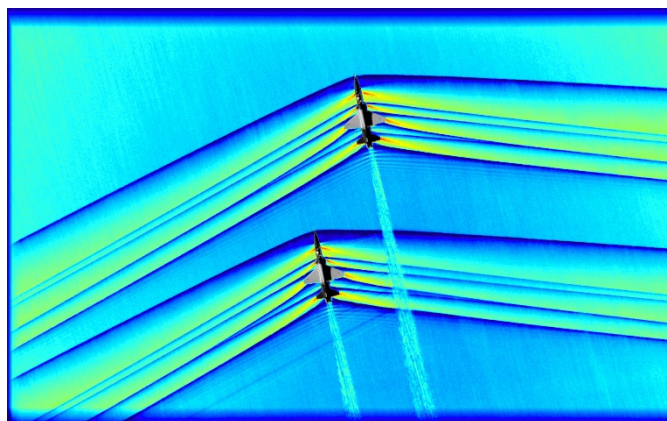
- 1) Jak vypadá spektrum slunečního záření (před vstupem a po vstupu do atmosféry) a jak souvisí s vyzařováním tzv. černého tělesa?
- 2) Co nás chrání před vysoce energetickým zářením ze Slunce?
- 3) Jak ovlivňují freony pronikání UV záření skrze atmosféru?

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).

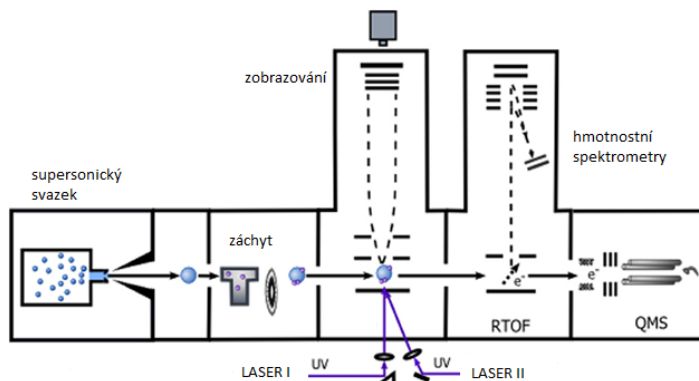
Supersonické paprsky se generují expanzí plynného vzorku do **vakua** skrze otvor o velmi malém průměru. Takto expandovaný plyn bude z termodynamických důvodů významně zchlazen ($\ll 50$ K) a ve směru expanze už nebude docházet k žádným dalším srážkám. Případným zařazením clonky můžeme dále vybrat jenom 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

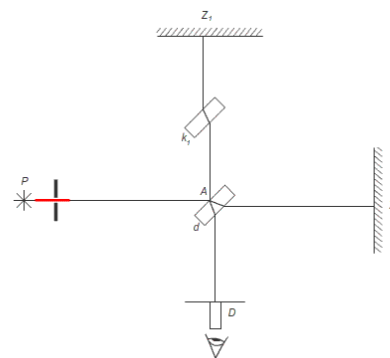


Obrázek 3: Duha. Zdroj Pridebasics.com

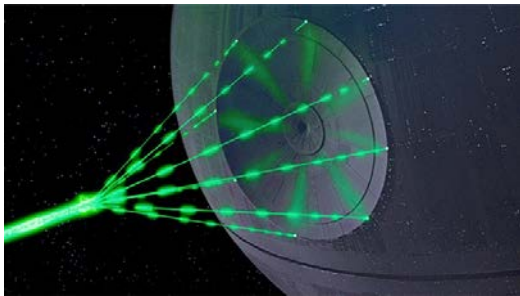
Co je to barva a jak souvisí s vlnovou délkou záření? Pomocí jakých technik dokážeme měřit jednotlivé příměsi barev ve světle? Ukážeme si, jak vzniká duha a jak souvisí s disperzí světla. Na hranolu si demonstrujeme rozklad bílého světla a porovnáme ho s rozkladem světla na mřížce. Co si myslíte, že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



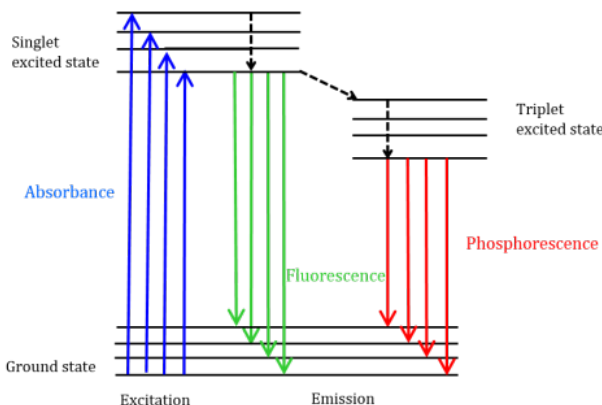
Obrázek 5: Hvězda smrti z Hvězdných válek. Zdroj Lucasfilm

3) Zapálení výboje ve vzduchu

Jak velkou energii mají laserové svazky? A je tato energie dostatečná k zapálení výboje ve vzduchu? Pomocí zafokusevaného 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

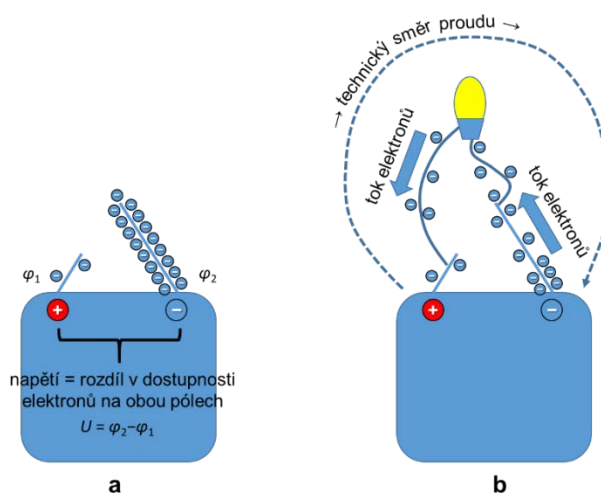
Praktikum z elektrochemie č. X:

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?

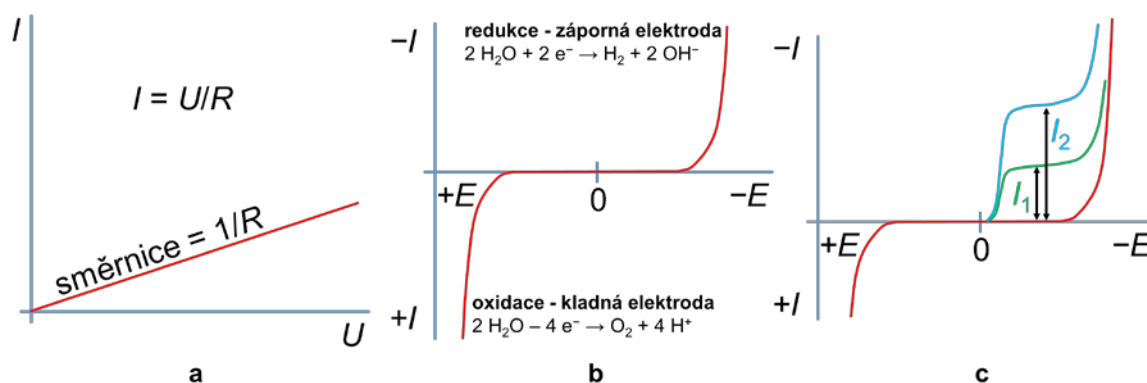
$$U = \varphi_2 - \varphi_1 \quad (1)$$

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

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.

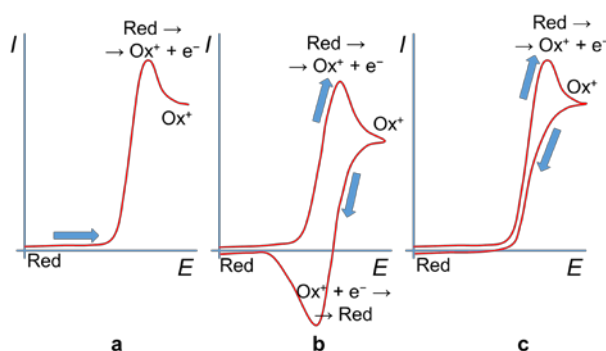
Protože koncentrace vody ve vodě je obrovská (to dá rozum, že?), proud roste na obou stranách závislosti nade všechny meze (Obr. 2b). Zde je nutné podotknout, že voda se oxiduje i redukuje velmi obtížně - až při relativně vysokých kladných či záporných hodnotách potenciálu, takže ta rovná část závislosti 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).

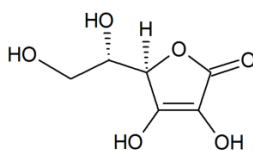


Obr. 3: Typický voltamogram: **(a)** lineární, **(b)** cyklický pro reverzibilní děj, **(c)** cyklický pro ireverzibilní děj.

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 citronu. 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:

Praktikum: Hmotnostní spektrometrie: analýza složitých směsí organických látek

lektor: Mgr. Anatolii Spesyvyi, Ph.D. (v laboratoři 216)

Princip

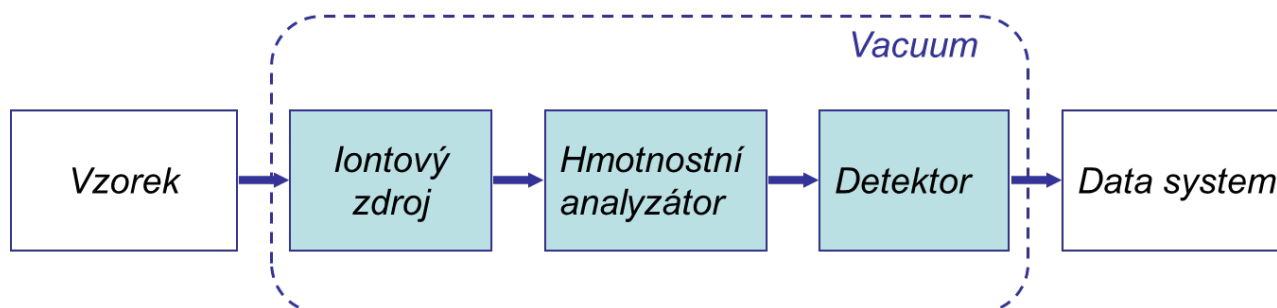
Hmotnostní spektrometrie se používá pro stanovení složení vzorku na základě určení hmotnosti atomů nebo molekul. Tato analytická technika je založená na separaci elektricky nabitých částic podle **poměru jejich hmotnosti k náboji** v elektrických nebo magnetických polích. Hmotnostní spektrometrie se tedy zabývá ionty v plynné fázi.

Historie

Počátky hmotnostní spektrometrie sahají do konce 19. století, kdy byly prozkoumány principy pohybu nabitých částic v elektrickém a magnetickém poli. Za zakladatele hmotnostní spektrometrie je považován anglický vědec Sir J.J. **Thomson** (1856–1940), který v roce 1897 **objevil elektron** při provádění pokusů s katodovou trubicí, ve které částice emitované ze žhavicího vlákna procházely elektrickým a magnetickým polem a byly těmito poli vychylovány. Thomson poprvé předpověděl možné využití této techniky v chemické analýze.

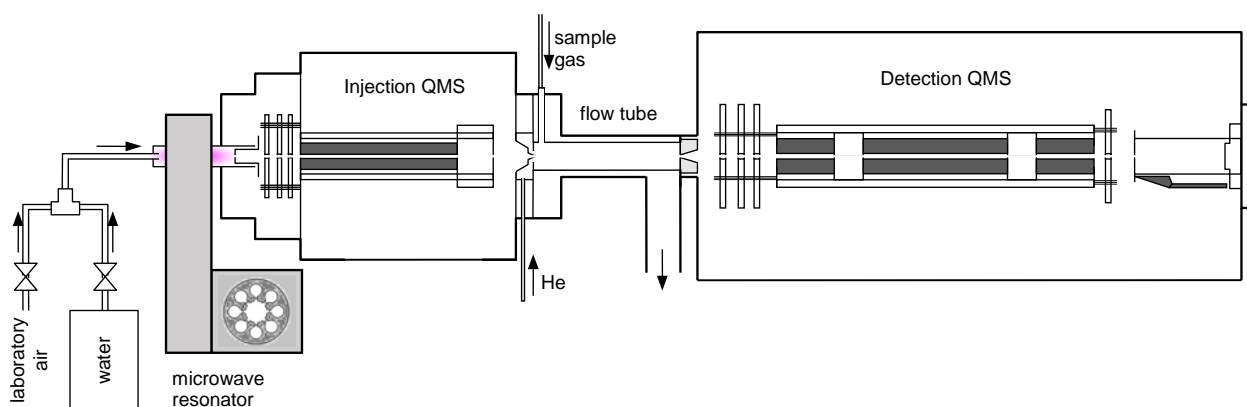
Hmotnostní spektrometry se skládají ze tří modulů

- Prvním modulem je **zdroj iontů**, jímž lze převést molekuly plynu na ionty
- Druhým modulem je **hmotnostní analyzátor**, který třídí ionty podle jejich hmotnosti s použitím elektromagnetických polí
- Třetím modulem je **detektor**, který měří proud dopadajících iontů a tak poskytuje data.



SIFT-MS

Hmotnostní spektrometrie v proudové trubici s vybranými ionty (z angl. *Selected ion flow tube mass spectrometry*, SIFT-MS) je založena na selektivní chemické ionizaci neutrálních molekul plynného vzorku jedním z třech reagentových iontů během přesně definovaného reakčního času. Tato metoda byla vyvinuta v roce 1976 pro studium kinetiky reakcí v plynné fázi mezi ionty a molekulami. Pomohla pochopit reakce, které probíhají například v mezihvězdném prostoru, a může být použita pro okamžitou kvantitativní analýzu stopových plynů ve vzduchu.



- Reagentové ionty jsou vytvářeny z laboratorního vzduchu a vodní páry. Pomocí kvadrupólového hmotnostního filtru je na základě poměru hmotnosti k náboji vybrán jeden prekurzor, který je dále vháněn do rychle proudícího inertního nosného plynu – nejčastěji hélia. Přičemž hlavní složky vzduchu s těmito ionty nereagují. Jako prekurzory jsou vhodné ionty s malou reaktivitou se složkami vzduchu, ale rychle reagující s plyny ve vzorku. Ionty, které splňují tyto požadavky a které se pro metodu SIFT-MS používají, jsou H_3O^+ , NO^+ a O_2^+ .
- K nosnému plynu je vyhřívanou kapilárou přiváděn plynný vzorek a dochází k chemické ionizaci původně neutrálního vzorku a vzniku iontů charakteristických pro daný analyt, který je obsažen ve vzorku.
- Následně ionty procházejí dalším kvadrupólovým hmotnostním analyzátozem a jsou detekovány elektronovým násobičem. Vzniklá hmotnostní spektra jsou zaznamenána počítačem.
- Koncentrace uvedených látek se určují hmotnostním spektrometrem pomocí absolutního výpočtu z měřených parametrů, umožňujících analyzovat několik složek v reálném čase.

Postup měření:

- Stanovení hlavních produktů a studium kinetiky reakci vybraných látek z H_3O^+ a NO^+ .
- Získání hmotnostního spektra stopových látek ve vzorku. Interpretace spektra s použitím chemické ionizace H_3O^+ a NO^+ .

Poznámka:

Letní škola NANO2020

středa 19. 8. 2020
v dopoledním čase (od 9-12 hodin)

Fyzikálně-chemický workshop na téma forenzní analýzy

Studenti rozdělení do 2 skupin A a B (po 12-13 studentech) absolvují workshop a přednášku (obojí ca 80 minut). Mezi workshopy je 15 minutová přestávka. K úlohám workshopu studenti obdrží pracovní listy.

(workshop - učebna EDU v přízemí; přednáška z oboru nanomateriálů – sál R. Brdičky v přízemí.)

Zajišťují:

Workshopy: Mgr. M. Zlámalová a Mgr. M. Klusáčková, Ph.D. se stážistkami Annou a Leou z projektu Tři nástroje (stáž v oboru fyzikální chemie ve forenzní analýze)

Přednášku: L. Šimaňok



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

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

NANO2021 © 2021 by J. Heyrovský Institute of Physical Chemistry of the CAS is licensed under CC BY 4.0

*Prázdninová letní škola vznikla za podpory projektu
č.0003/7/NAD/2020 "Letní škola NANO2020: cesta nadaných k moderním
fyzikálně-chemickým oborům"
(MŠMT v programu "Podpora nadaných žáků ZŠ a SŠ v roce 2020").*

*Na škole NANO2020 se podílel i projekt J. Heyrovský Chair financovaný z programu Evropské komise
pro výzkum a inovace Horizont 2020 pod grantovým číslem 810310.*

*Dalšími spoluřadatelí jsou Nadační fond Jaroslava Heyrovského
a společnost Metrohm Česká republika, s.r.o.*