

Prázdninová letní škola **NANO2021**

23. - 27. srpna 2021

 Ústav fyzikální chemie
J. Heyrovského

Letní škola NANO2021

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

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

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

předneseným na letní škole NANO2021
ve dnech 23. - 27. srpna 2021
v ÚFCH J. Heyrovského AV ČR, v.v.i.

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



**Sborník prázdninové letní školy
NANO2021
konané 23. - 27. srpna 2021
v ÚFCH J. Heyrovského AV ČR, v.v.i.**

Kolektiv autorů

Sestavila: Ing. Květa Stejskalová, CSc.

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

182 00 Praha 8

Vydání: první

Místo a rok vydání: Praha, 2021

Publikace neprošla jazykovou úpravou

© 2021, Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i.

ISBN 978-80-87351-57-4 (e-book)

Jmenný seznam členů týmu PEXED: **přednášejících (L), lektorů praktik (P I až P XI)** **a lektorů workshopů (W)** **v programu prázdninové letní školy** **NANO2021**

(L) CEBECAUER Marek	Mgr. Ph.D.	✉ marek.cebecauer@jh-inst.cas.cz
(P XI) DRYAHINA Kseniya	Mgr. Ph.D.	✉ kseniya.dryahina@jh-inst.cas.cz
(L) FERUS Martin	RNDr. Ph.D.	✉ martin.ferus@jh-inst.cas.cz
(P II) HORÁČEK Michal	Mgr. Ph.D.	✉ michal.horacek@jh-inst.cas.cz
(W) HRDLIČKA Vojtěch	Mgr. Ph.D.	✉ vojtech.hrdlicka@jh-inst.cas.cz
(P VII) KOČIŠEK Jaroslav	Mgr., Ph.D.	✉ jaroslav.kocisek@jh-inst.cas.cz
(P V) KNÍŽEK Antonín	Mgr.	✉ antonin.knizek@jh-inst.cas.cz
(P VI) LAMAČ Martin	RNDr., Ph.D.	✉ martin.lamac@jh-inst.cas.cz
(P X) LIŠKA Alan	RNDr., Ph.D.	✉ alan.liska@jh-inst.cas.cz
(P I) NEBEL Roman	Ing. Ph.D.	✉ roman.nebel@jh-inst.cas.cz
(L) SOKOLOVÁ Romana	RNDr., Ph.D.	✉ romana.sokolova@jh-inst.cas.cz
(L) SRNEC Martin	Mgr. Ph.D.	✉ martin.srnec@jh-inst.cas.cz
(L, W) STEJSKALOVÁ Květa	Ing., Ph.D.	✉ kvetoslava.stejskalova@jh-inst.cas.cz
(L) SVOBODA Vít	Ing., Ph.D.	✉ vit.svoboda@phys.chem.ethz.ch
(L, P IV) ŠIMAŇOK Lukáš		✉ lukas.simanok@jh-inst.cas.cz
(P III) TARÁBKOVÁ Hana	RNDr., Ph.D.	✉ hana.tarabkova@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

*Podrobnosti o odborném zaměření jednotlivých osob lze nalézt v odkazu PEOPLE
ústavních stránek s adresou <http://www.jh-inst.cas.cz>.*

Letní škola NANO2021

Program

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

Na podpoře školy se podílely:

Projekt „Letní škola NANO2021: cesta nadaných k moderním fyzikálně-chemickým oborům“,
(reg. č. 0021/7/NAD/2021) financovaný MŠMT;

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

Spolupořadatelé školy byly:

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

Pondělí 23. 8. 2021

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

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

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

12:00 – 12:55 - Přestávka na oběd (akademická jídelna Slovanka v areálu ústavů)

13:00 - 14:30 - Praktické ukázky měření v laboratořích (studenti po 4 skupinách)
(Rozvedení skupin studentů do laboratoří zajišťuje Ing. K. Stejskalová, Ph.D. a L. Šimaňok)

Skupina 1 absolvuje praktikum IV

Skupina 2 absolvuje praktikum X

Skupina 3 absolvuje praktikum III

Skupina 4 absolvuje praktikum XI

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

14:45 - 15:45 - - Přednáška (představující obor nanotechnologie)

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

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

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

Rozdělení nanoprojektů týmům, poté ukončení programu a 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 Troji (doprovází a zajišťuje Ing. K. Stejskalová, Ph.D.)



Letní škola NANO2021

Úterý 24. 8. 2021

8:50 - Zahájení druhého dne školy

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

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

RNDr. Martin Ferus, Ph.D.: Alchymie cizích světů aneb malý kurz astrochemie

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

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

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

Skupina 1 absolvuje workshop na téma KOVY triády železa, v EDU laboratoři a učebně

Skupina 2 absolvuje praktikum V

Skupina 3 absolvuje praktikum IX

Skupina 4 absolvuje praktikum VII

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

12:00 – 12:55 - Přestávka na oběd (akademická jídelna Slovanka v areálu ústavů)

13:00 - 14:30 - Praktické ukázky měření v laboratořích (studenti po 4 skupinách)

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

Skupina 1 absolvuje praktikum XI

Skupina 2 absolvuje praktikum I

Skupina 3 absolvuje praktikum VII

Skupina 4 absolvuje praktikum V

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

14:45-15:35 - Přednáška (z oboru elektrochemie)

RNDr. Romana Sokolová, Ph.D.: Elektrochemie kolem nás aneb nebojte se elektrochemie

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

Do 16 hodin práce v týmech na posteru představujícím přidělený nanoprojekt.

Prezentace nanoprojektů pomocí posteru/flipchartu bude v pátek 27.8. před obědem.

16:00-16:50 Přednáška (z oboru historie ústavu)

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

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

16:50 - Ukončení druhého dne školy

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

Letní škola NANO2021

Středa 25. 8. 2021

8:50 - Zahájení třetího dne školy

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

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 a workshop (studenti po 4 skupinách) (Rozvedení skupin studentů do laboratoří zajišťuje Ing. K. Stejskalová, Ph.D. a L. Šimaňok)

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

Skupina 3 absolvuje praktikum VIII

Skupina 4 absolvuje praktikum II

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

12:00 – 12:55 - Přestávka na oběd (akademická jídelna Slovanka v areálu ústavů)

13:00 - 14:30 - Praktické ukázky měření v laboratořích a workshop (studenti po 4 skupinách) (Rozvedení skupin studentů do laboratoří zajišťuje Ing. K. Stejskalová, Ph.D. a L. Šimaňok)

Skupina 1 absolvuje praktikum VIII

Skupina 2 absolvuje praktikum VI

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

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

Do 15 hodin práce v týmech na posteru představujícím přidělený nanoprojekt.

Prezentace nanoprojektů pomocí posteru/flipchartu bude v pátek 27.8. před obědem.

15:00 - 15:50 - Přednáška (z oboru spektroskopie a kvantové mechaniky)

Ing. Vít Svoboda, Ph.D.: Spektroskopie aneb od světla k atomu a od atomu ke kvantu

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

16:00 - Ukončení třetího dne školy

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



Letní škola NANO2021

Čtvrtek 26.8. 2021

8:50 - Zahájení čtvrtého dne školy

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

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

Mgr. Marek Cebecauer, Ph.D.: Od mobilných telefonov až k super-mikroskopom: Objavovanie neviditeľného sveta pri hre so svetlom

(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

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

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

Skupina 1 absolvuje praktikum X

Skupina 2 absolvuje praktikum IV

Skupina 3 absolvuje praktikum II

Skupina 4 absolvuje praktikum IX

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

12:00 – 12:55 - Přestávka na oběd (akademická jídelna Slovanka v areálu ústavů)

13:00 - 14:30 - Praktické ukázky měření v laboratořích (studenti po 4 skupinách)

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

Skupina 1 absolvuje praktikum I

Skupina 2 absolvuje praktikum III

Skupina 3 absolvuje praktikum V

Skupina 4 absolvuje praktikum VI

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

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

Prezentace nanoprojektů pomocí posteru/flipchartu bude v pátek 27.8. před obědem.

16:30 - Ukončení čtvrtého dne školy

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



Letní škola NANO2021

Pátek 27. 8. 2021

8:50 - Zahájení pátého (posledního) dne školy

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

9:00-9:50 - Přednáška (z oboru přípravy nanomateriálů pro využití v energetice a elektronice)

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

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

11:00-11:45 – Následuje prezentace týmových nanoprojektů pomocí posteru/flipchartu (posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí)

12:00 – 12:55 - Přestávka na oběd (akademická jídelna Slovanka v areálu ústavů)

13:00 -14:30 Zakončení prázdninové letní školy NANO2021

Vyhodnocení prezentací týmových nanoprojektů, předání certifikátů účastníkům školy, odevzdání vyplněných dotazníků, odezva a ohlasy účastníků školy...volná diskuse. *(posluchárna Rudolfa Brdičky v přízemí; zajišťuje Ing. K. Stejskalová, Ph.D.)*



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

LŠ NANO2021- 23.-27.8.2021

Rozpis praktik/workshopů v laboratořích

Den	Časy	skupina 1	skupina 2	skupina 3	skupina 4
pondělí 23.8.	13:00 -14:30	Praktikum IV L.Šimaňok	Praktikum X A. Liška	Praktikum III H.Tarábková- Janda	Praktikum XI K. Dryahina
Úterý 24.8.	10:15-11:45	Workshop Kovy triády železa (Stejskalová a Šimaňok v EDUlabu)	Praktikum V A. Knížek	Praktikum IX I. Vinklárek	Praktikum VII J. Kočišek
	13:00 -14:30	Praktikum XI K. Dryahina	Praktikum I R. Nebel	Praktikum VII Kočišek	J. Praktikum V A. Knížek
Středa 25.8.	10:15-11:45	Workshop s úlohami z forenzní analýzy pro žáky ZŠ/SŠ		Praktikum VIII R.Žouželka	Praktikum II M. Horáček
	13:00-14:30	Praktikum VIII R.Žouželka	Praktikum VI M. Lamač	Workshop s úlohami z forenzní analýzy pro žáky ZŠ/SŠ	
Čtvrtek 26.8.	10:15-11:45	Praktikum X A. Liška	Praktikum IV L.Šimaňok	Praktikum II M. Horáček	Praktikum IX I. Vinklárek
	13:00-14:30	Praktikum I R. Nebel	Praktikum III H.Tarábková- Janda	Praktikum V A. Knížek	Praktikum VI M. Lamač

Letní škola NANO2021

Praktické ukázky měření v laboratořích

(každá skupina studentů absolvuje v rámci týdenního programu 6 různých praktik)

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

Praktikum II - Elektronová paramagnetická rezonance (EPR) (M. Horáček, lab. molekulární katalýzy m. 408)

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

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

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

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

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

Praktikum VIII - Chytrý nátěr, který čistí vzduch i povrchy budov (fotokatalýza na TiO₂) (R. Žouželka, lab. Centra pro inovace, m. 604)

Praktikum IX – S lasery na molekuly a klastry (I. Vinklárek, 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 - Použití metod hmotnostní spektrometrie pro rozlišení strukturních izomerů těžkých látek. (K. Dryahina, lab. hmotnostní spektrometrie a analýzy dechu m. 216)

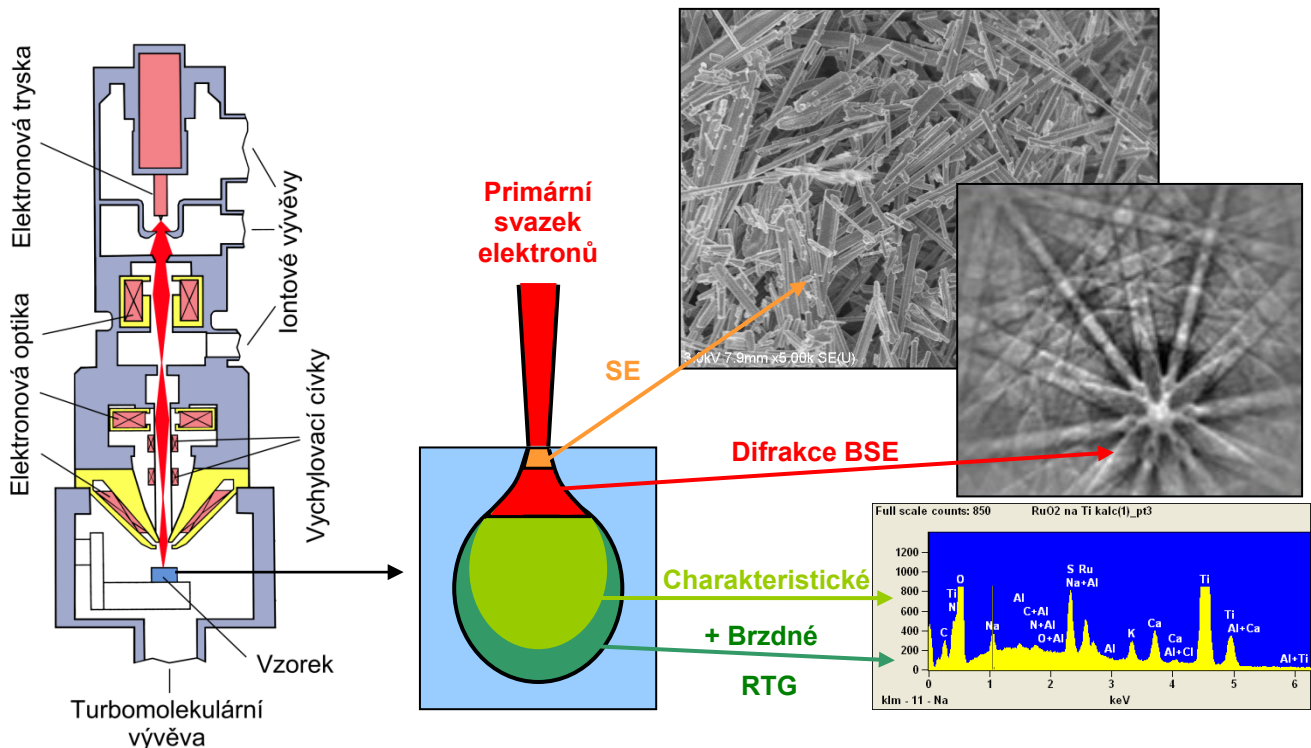
Pracoviště elektronové mikroskopie II – EDX (EDS)

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

Oddělení nanokatalýzy

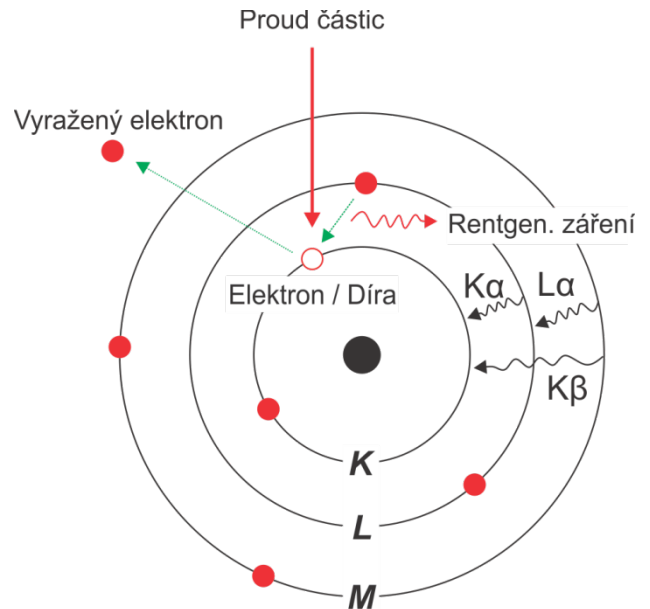
Přístrojové vybavení:

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



Princip EDX (EDS)

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

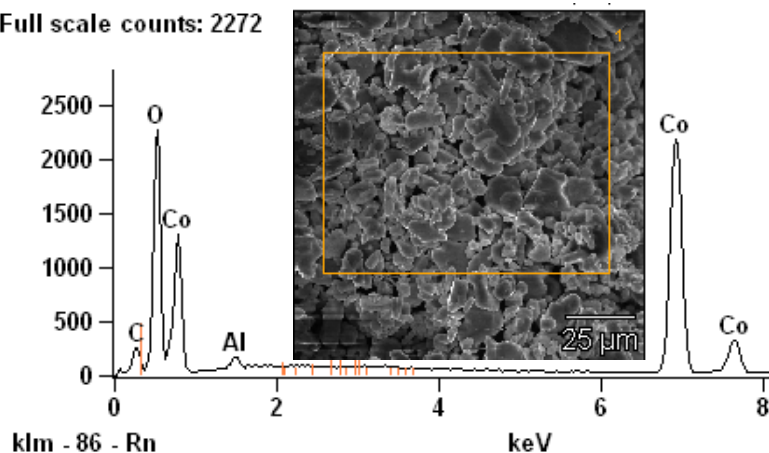


Příklady možností systému EDX:

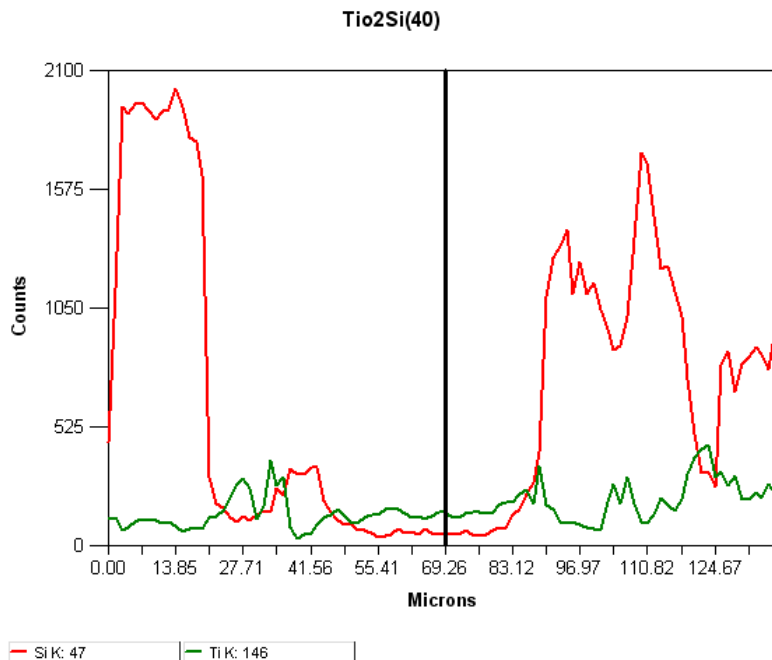
Měření spekter zaměřené oblasti, definovaných bodů, apod.

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

Full scale counts: 2272

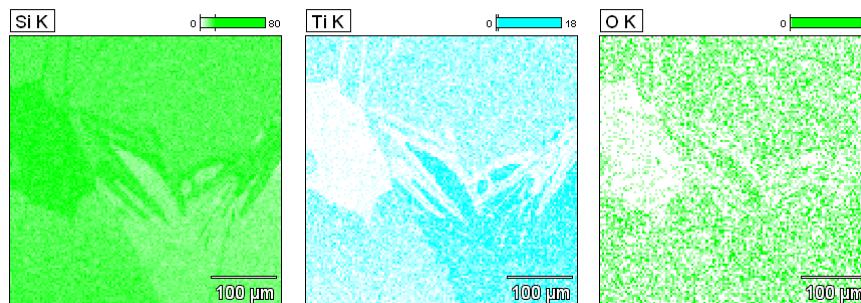
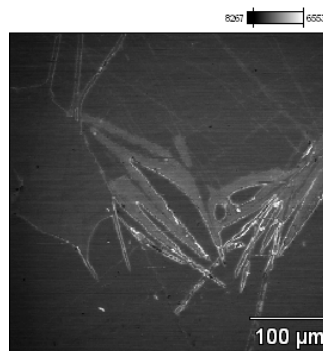


tvareů



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:

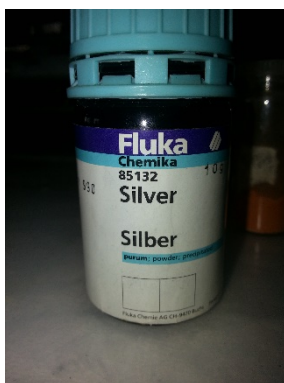
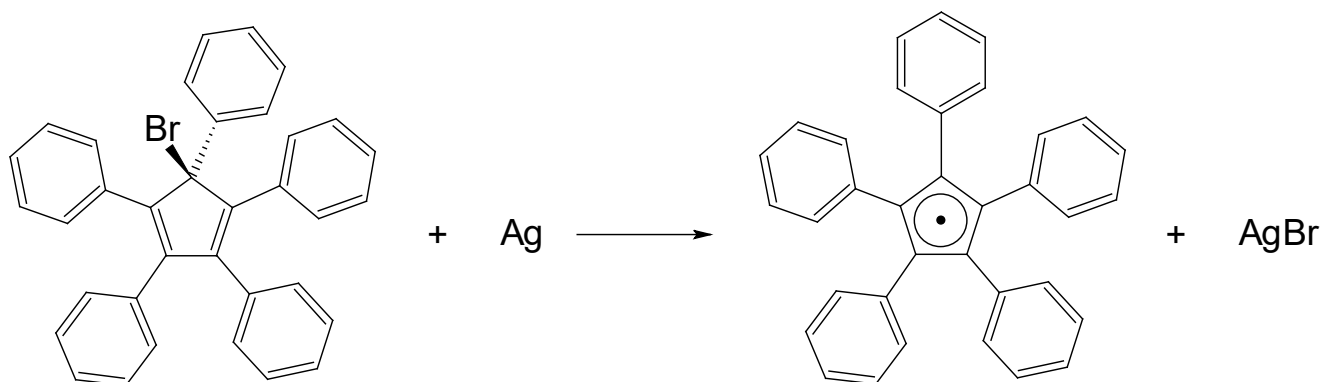
Elektronová paramagnetická rezonance (EPR)

Laboratoř: Molekulární katalýzy

Oddělení: Molekulární elektrochemie a katalýzy

Lektor: Mgr. Michal Horáček, Ph.D.

Cíl praktika: Cílem praktika je představit EPR spektroskopii jako užitečný nástroj při získávání informací o struktuře zkoumané látky. Po seznámení se se základními principy EPR spektroskopie bude na reálném příkladu pentafenylcyklopentadienylového radikálu předvedeno měření tohoto radikálu na EPR spektrometru a vyhodnocení získaných spekter. Bude ukázáno, jak struktura měřeného radikálu ovlivňuje tvar získaného spektra.



Obrázek 1. Příprava pentafenylcyklopentadienylového radikálu pro EPR měření.

Úkol:

1. Předpovědět EPR spektrum radikálu Ph_5C_5 .
2. Porovnat naměřené spektrum této sloučeniny s předpokládaným spektrem.
3. Určit g-faktor nepárového elektronu v této sloučenině.
4. Určit štěpící konstantu jednotlivých H atomů.

EPR spektroskopie:

EPR je technika užívaná k detekci látek obsahujících nepárové elektrony; slouží k studiu jejich elektronové struktury a reaktivity. V EPR spektroskopii se využívá **interakce** magnetického momentu **elektronu** s vnějším magnetickým polem, která vede v tzv. Zeemanovu efektu. Zeemanův efekt způsobuje rozštěpení energetických hladin elektronu vlivem magnetického pole. Princip EPR spektroskopie spočívá v působení mikrovlnného záření o více méně konstantní energii $h\nu$ na vzorek umístěný v magnetickém poli. Když se energie tohoto záření rovná rozdílu energií obou spinových stavů, dojde k absorpci mikrovlnného záření, které převádí nižší energetický stav na vyšší, a my zaznamenáme, při jakém magnetickém poli k této absorpci dojde. Tento jev popisuje rovnice $h\nu = g_e \cdot \beta \cdot H$, které říkáme rezonanční podmínka. Principiálně je možné měřit spektra dvěma způsoby. S konstantním polem a měnící se frekvencí, nebo se stálou frekvencí a proměnným polem. Protože mnohem snadnější je vyrobit zdroj potřebného záření s dostatečně přesnou konstantní frekvencí, než s frekvencí proměnnou, postupuje se vesměs druhým způsobem. Citlivost klasických přístrojů ze sedmdesátých let byla okolo 10^{11} spinů, což je 10^{-9} mmolů. Tato citlivost je dostatečná pro množství aplikací. Absorbací mikrovlnné energie se spinový stav o nižší energii převádí na stav s vyšší energií. Pokud by nefungovaly vratné mechanismy, zaplnili bychom stav s vyšší energií a EPR signál by nebyl dále pozorovatelný. Došlo by k jevu zvanému saturace. Naštěstí v přírodě fungují relaxační mechanismy vracející vychýlené systémy do rovnovážného stavu daného Maxwell-Boltzmanovým zákonem.

Podmínkou pro získání EPR spektra je tedy existence alespoň jednoho nepárového elektronu v atomu, molekule nebo iontu zkoumané látky. Předmětem měření jsou tedy volné radikály, které můžeme rozdělit na organické či anorganické. Další dělení radikálů je možné podle jejich životnosti. Měřit můžeme radikály, pokud jejich střední doba života přesahuje 10^{-6} s.

Více informací o struktuře zkoumané látky než je hodnota g faktoru poskytuje štěpení EPR signálu vlivem magnetických interakcí sledovaného nepárového elektronu s dalšími nepárovými elektrony a atomovými jádry. Pokud se nepárový elektron nachází v blízkosti atomu s jaderným spinem, pak dochází k interakci magnetických momentů elektronu a jádra.

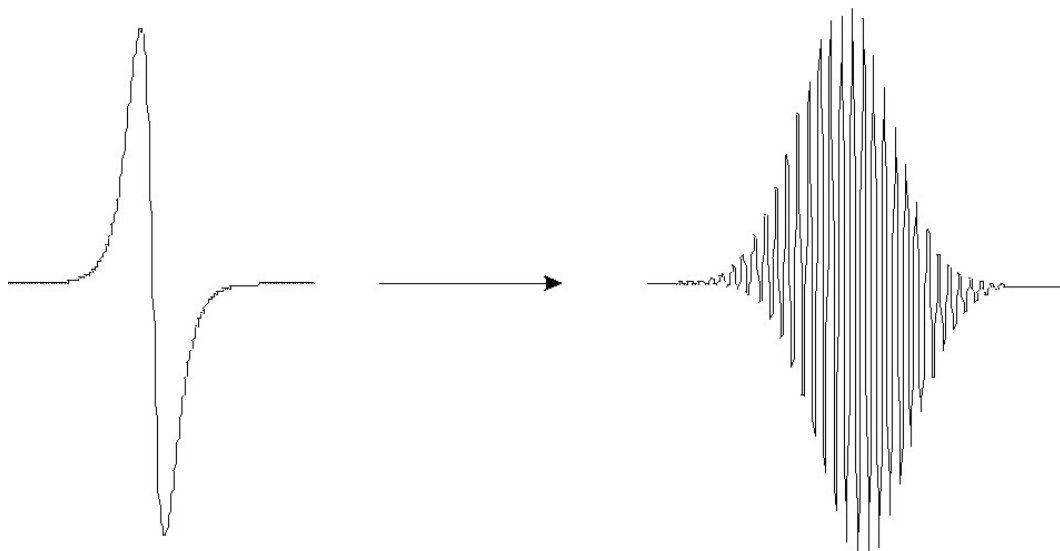
Měřicí zařízení:

Měření bude probíhat na EPR spektrometru MiniScope MS400 od firmy Magnetech. Spektrometr pracuje na principu proměnného magnetického pole při konstantní frekvenci mikrovlnného záření o velikosti 9,5GHz.



Postup měření:

Vzorek radikálu zatavený v celoskleněné kyvetě bude měřen při proměnném magnetickém poli a různé modulační amplitudě přídatného magnetického pole. Demonstrováno bude, jak změna jednotlivých parametrů měření ovlivňuje výsledné spektrum a jak je potřeba postupovat, aby nedošlo ke ztrátě informací, které je možné ze správně provedeného měření získat.



Poznámky:

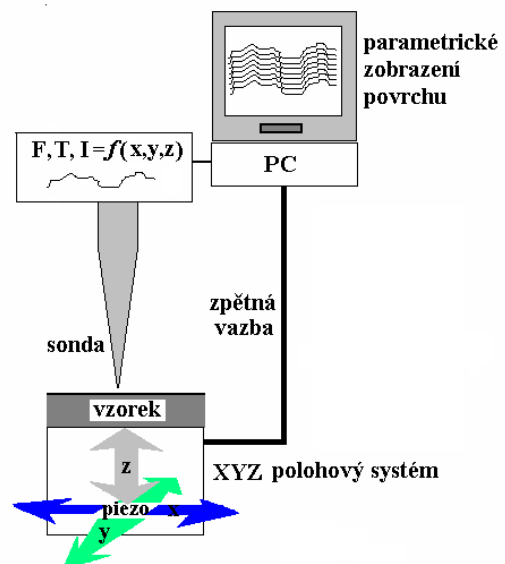
Mikroskopie rastrovací sondou a odvozené techniky

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

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

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

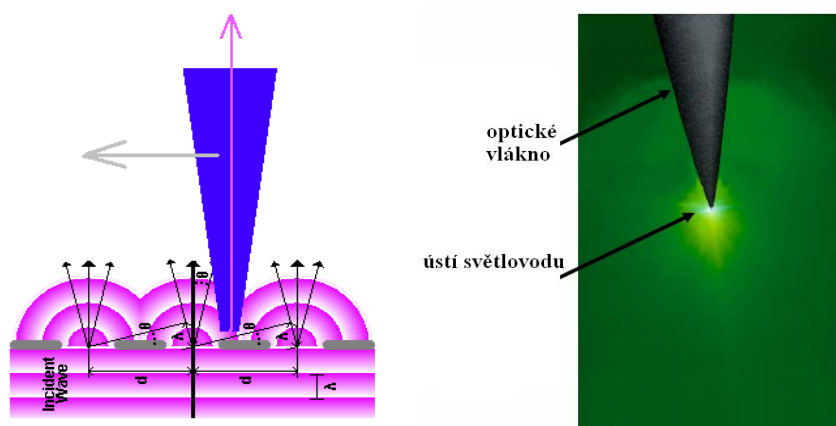
Obr. 1: Schématické znázornění mikroskopu rastrovací sondou



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

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

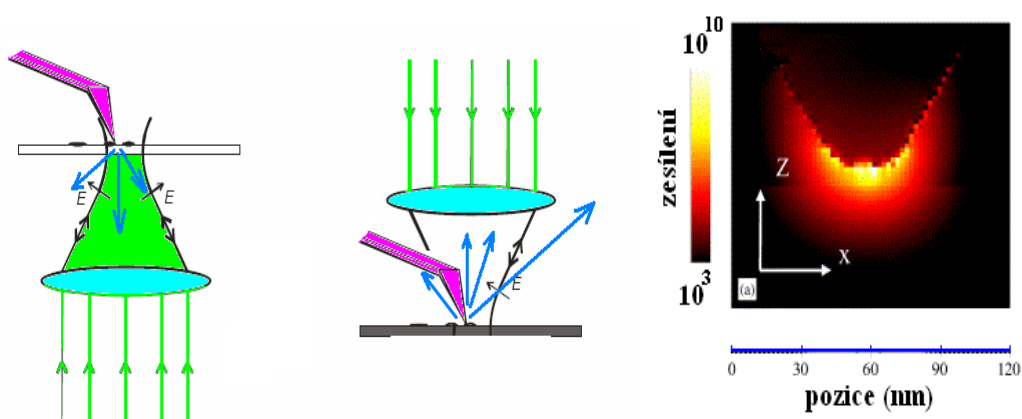
Objev optické mikroskopie blízkého pole (Near-Field Scanning Optical Microscopy and Spectroscopy, NSOM/SNOM), využívající systému mikroskopie rastrovací sondou v součinnosti s optikou blízkého pole (obr. 2) umožnil poprvé zobrazit světelným mikroskopem struktury s rozlišením téměř o dva řády větším než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



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

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

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



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

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

Doporučená literatura:

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

Praktické měření:

Mikroskopie rastrovací sondou

Oddělení elektrochemických materiálů

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

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

Přístrojové vybavení:

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

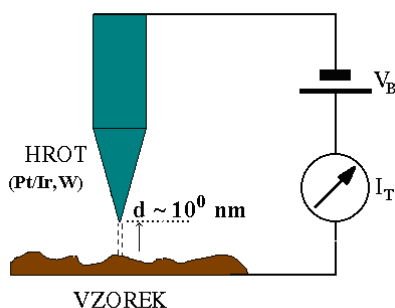
Krátký popis zaměření laboratoře:

Laboratoř se zabývá studiem :

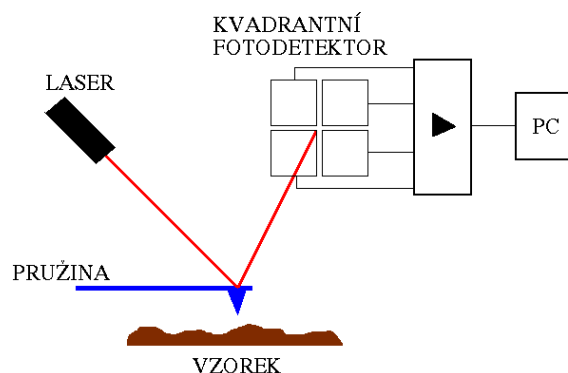
topografie a stability kovových nanočástic imobilizovaných na monokrystalických substrátech a optimalizací jejich vlastností pro použití v elektrokatalýze a senzorech.

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

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



A)



B)

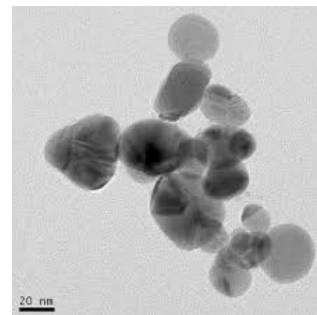
Obr.1: Schéma principu metody rastrovací tunelové mikroskopie (A), mikroskopie atomárních sil (B)

Poznámky k úloze

Praktické cvičení:

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

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



Seznam úloh:

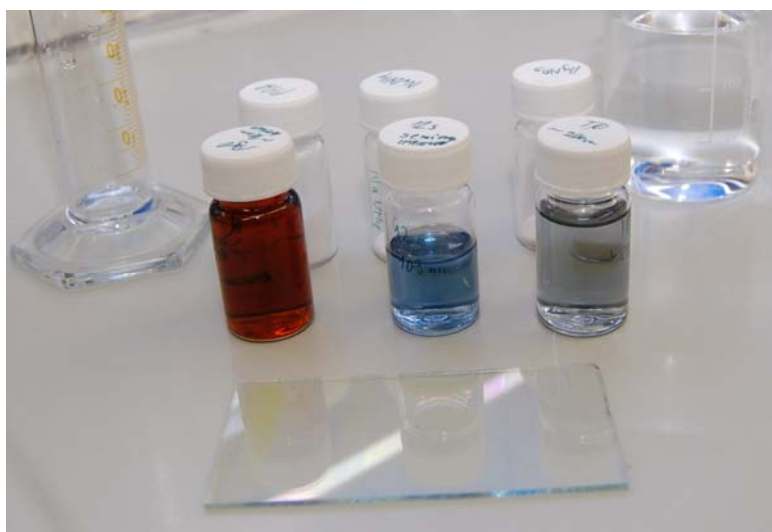
I. Příprava nanočástic Ag redukcí monosacharidy (30 – 50 min)

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

III. Tollensova reakce (15 min)



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



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

Zdroje obrázků:

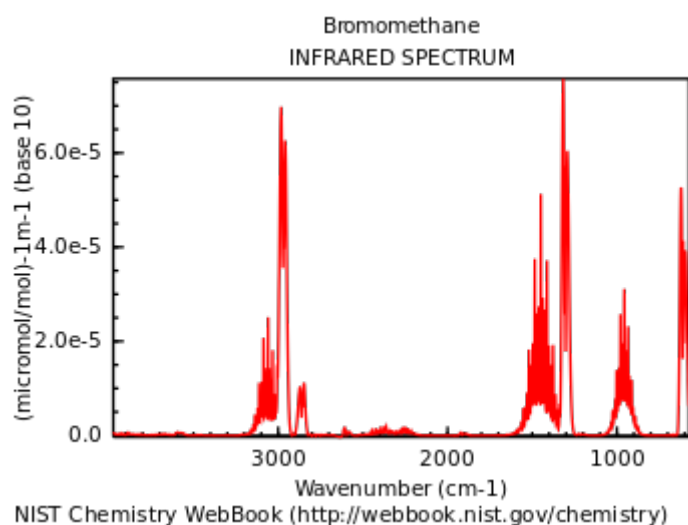
vpravo nahoře - Nanočástice stříbra (připravené redukcí citrátem) pod mikroskopem TEM - <http://fchi.vscht.cz/files/uzel/0010367/AU.pdf>

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

(zdroj obrázku 1:

<https://media.licdn.com/mpr/mpr/AEAAQAAAAAAAA3nAAAAJDQxZWE0YTQxLTJmZmMtNGRhMi1iN2ZjLTlyNTUzYzVmZmFINQ.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 jejich spekter jednoznačně určit. Některé funkční skupiny (např. karbonylová skupina, karboxylová skupina, C-C vazba, O-H vazba, apod.) mají tzv. typické pásy, které se u všech molekul nachází přibližně při stejném vlnočtu. Při měření vysoce rozlišených spekter však uvidíme, že i tam lze najít drobné rozdíly.



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

Jednotky v infračervené spektroskopii:

V infračervené spektroskopii se typicky používá pro určení vlnové délky tzv. 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 atm = 760 Torr = 101325 Pa = 76 mm Hg.



Obr. 3: Evangelista Torricelli
(zdroj: Wikipedia)

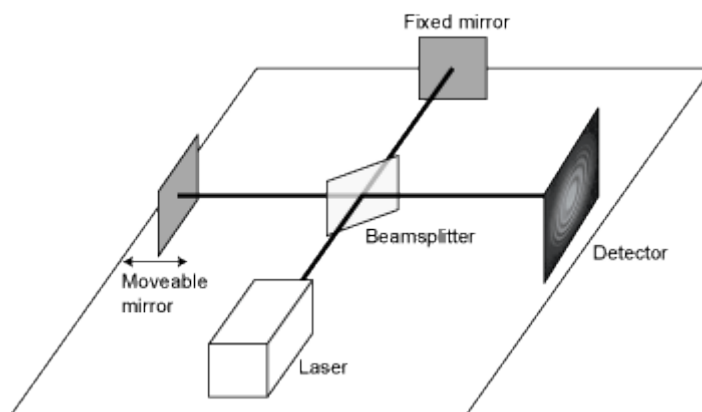
Použité měřicí zařízení - spektrometr Bruker IFS 125 HR: Jádrem spektrometru je Michelsonův interferometr (viz obr. 5). Paprsek je pomocí beamsplitteru rozdělen na dvě poloviny, odražen jedním pevným a jedním pohyblivým zrcadlem a interferometricky složen. Poté prochází do vzorku a na detektor. Detektorem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



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

Postup praktického měření:

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



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

Další otázky a úkoly:

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

Poznámky:

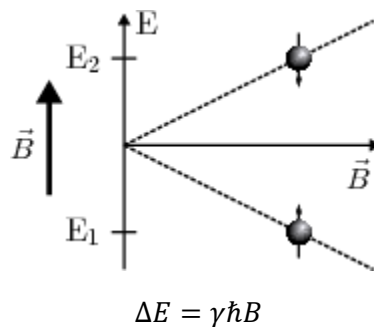
NMR spektroskopie - lektor praktika Dr. M. Lamač

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



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

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

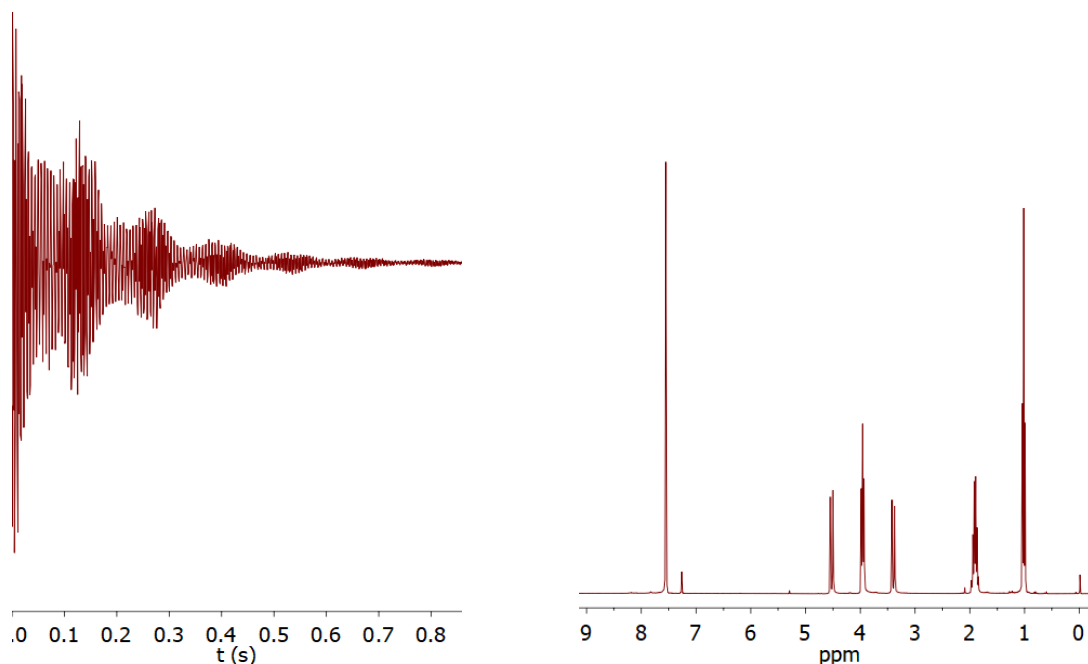


Obr. 2: Vznik dvou energetických hladin (E_1 , E_2) jaderného spinu ($1/2$) v externím magnetickém poli (B). Vysvětlivky: γ je tzv. gyromagnetický poměr (konstanta pro dané jádro), \hbar je redukovaná Planckova konstanta.

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

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

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



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

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

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



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

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



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

Téma praktika

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

Bezpečnost práce

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

Další nebezpečí souvisí se ztrátou supravodivosti cívky, která má tyto vlastnosti jen při velmi nízké teplotě (lehce nad bod varu kapalného helia, 4.2 K, tj asi -269 °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 VII. :

Molekuly silně zachytávající elektrony

*Připravil: Mgr. Juraj Fedor, Ph.D.; Oddělení chemie iontů a klastrů
juraj.fedor@jh-inst.cas.cz; praktikum povede Dr. Jaroslav Kočišek,
jaroslav.kocisek@jh-inst.cas.cz*

Motivace:

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

Za tímto účelem se používá prakticky výhradně *fluorid sírový*, SF_6 . Je to inertní těžký plyn, který velmi efektivně váže pomalé, volně letící elektrony



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

S používáním SF_6 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 CO_2 . V EU je jeho použití zakázáno ve všech oblastech s výjimkou vysokonapěťové izolace. Není totiž znám žádný jiný plyn, který by byl tak dobrým elektrickým izolantem a zároveň měl všechny požadované vlastnosti.

Hledání náhrady SF_6

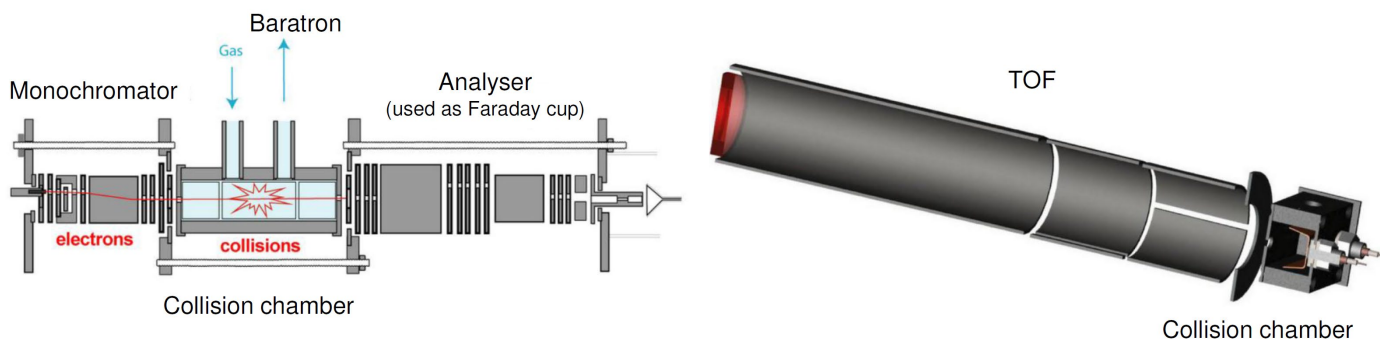
V současnosti je vytipováno několik desítek kandidátů - plynů, které by potenciálně mohly sloužit jako náhrada SF_6 ve vysokonapěťových izolacích. Vesměs se jedná o nově syntetizované látky, které jsou přímo testovány, zda-li zhášejí obloukový výboj. V každém případě vhodný plyn musí splňovat řadu kritérií 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
- Netoxičita, 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 SF_6 nahradit. My se konkrétně věnujeme především měření první z výše uvedených vlastností – toho, jak efektivně molekuly zachytávají volné 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 SF₆. Proces (1) je sice dominantním, ale ne jediným reakčním kanálem při interakci SF₆ 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.

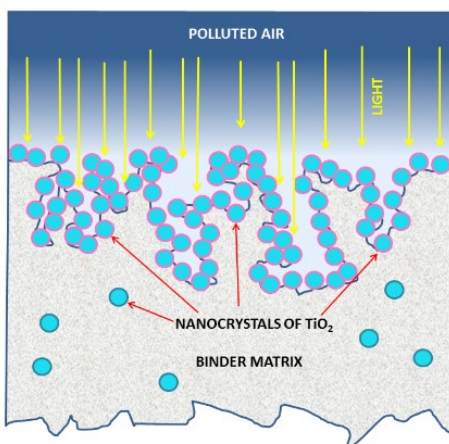
Znečištěný vzduch má však i devastující účinek na povrchy běžných budov a různých stavebních materiálů, jež nás obklopují, a to hlavně památek, které do dnešních dob přečkaly staletí a jsou našim kulturním dědictvím nevyčíslitelné hodnoty. Jistě jste si všimli, že povrchy budov stojících v blízkosti 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.

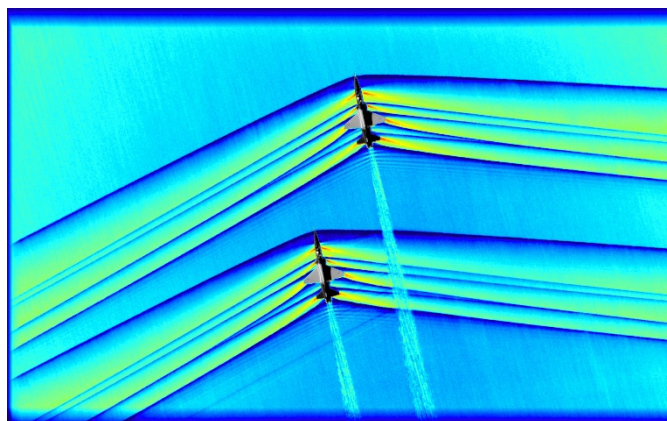
- 1) Jak vypadá spektrum slunečního záření (před vstupem a po vstupu do atmosféry) a jak souvisí s vyzařováním tzv. černého tělesa?
- 2) Co nás chrání před vysoce energetickým zářením ze Slunce?
- 3) Jak ovlivňují freony pronikání UV záření skrze atmosféru?

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).

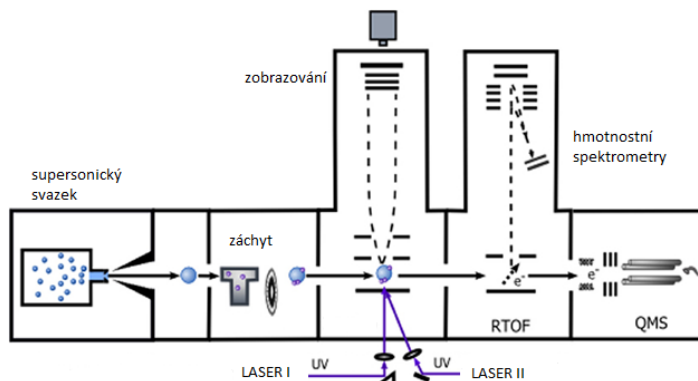
Supersonické paprsky se generují expanzí plynného vzorku do **vakua** skrze otvor o velmi malém průměru. Takto expandovaný plyn bude z termodynamických důvodů významně zchlazen ($\ll 50$ K) a ve směru expanze už nebude docházet k žádným dalším srážkám. Případným zařazením clonky můžeme dále vybrat jenom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

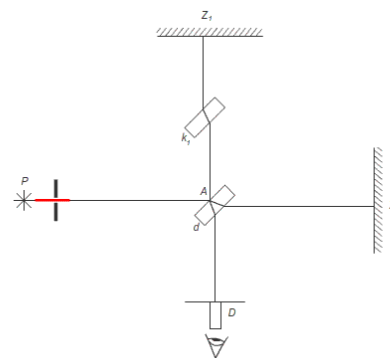


Obrázek 3: Duha. Zdroj Pridebasics.com

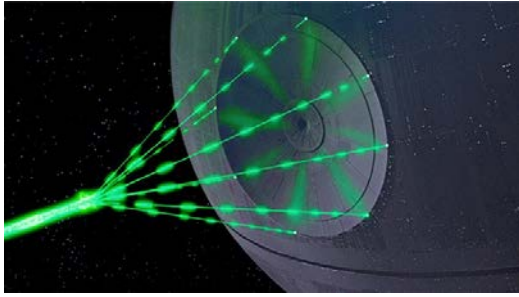
Co je to barva a jak souvisí s vlnovou délkou záření? Pomocí jakých technik dokážeme měřit jednotlivé příměsi barev ve světle? Ukážeme si, jak vzniká duha a jak souvisí s disperzí světla. Na hranolu si demonstrujeme rozklad bílého světla a porovnáme ho s rozkladem světla na mřížce. Co si myslíte, že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



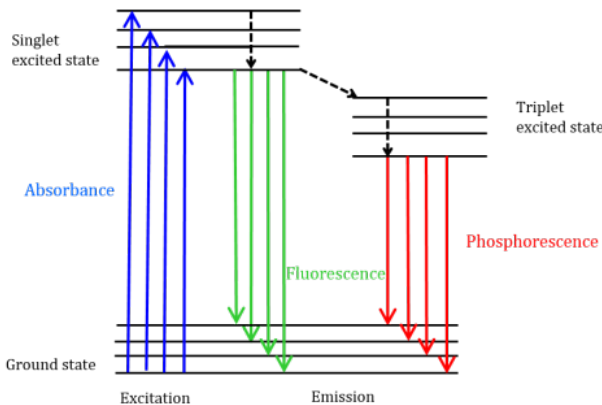
Obrázek 5: Hvězda smrti z Hvězdných válek. Zdroj Lucasfilm

3) Zapálení výboje ve vzduchu

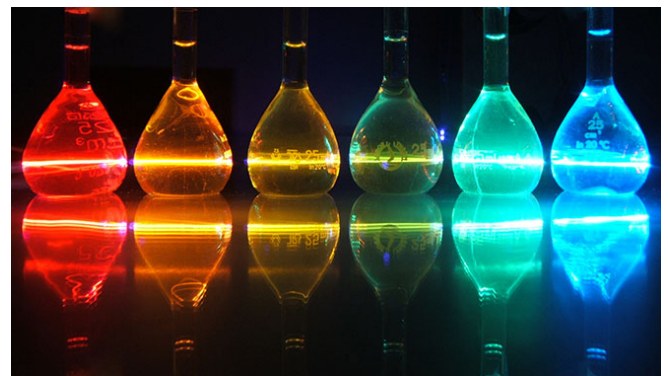
Jak velkou energii mají laserové svazky? A je tato energie dostatečná k zapálení výboje ve vzduchu? Pomocí zafokusovaného excimerového laseru s vlnovou délkou v UV oblasti (193 nm) zkusíme vytvořit výboj ve vzduchu. Jaký je výkon takového laseru v porovnání s jadernou elektrárnou Temelín?

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

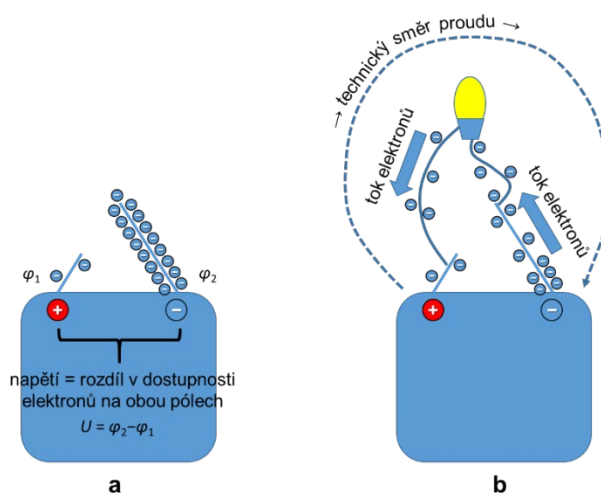
Praktikum z elektrochemie č. X:

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?

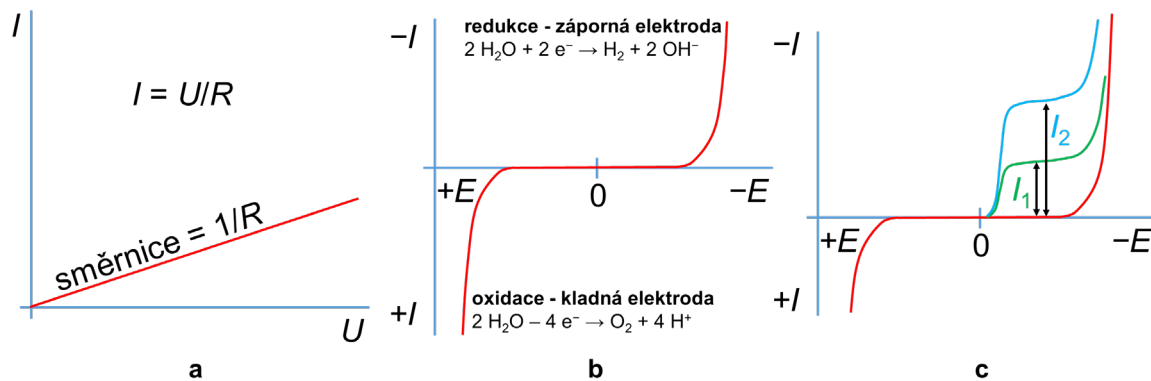
$$U = \varphi_2 - \varphi_1 \quad (1)$$

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

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.

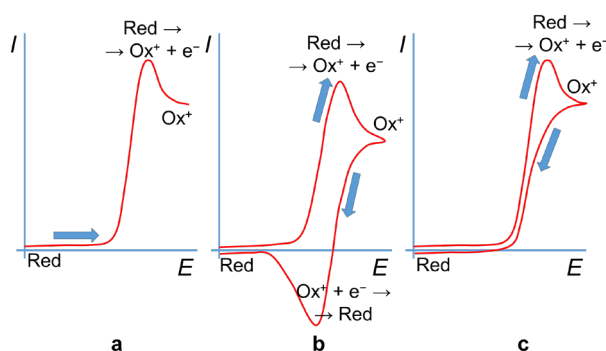
Protože koncentrace vody ve vodě je obrovská (to dá rozum, že?), proud roste na obou stranách závislosti nade všechny meze (Obr. 2b). Zde je nutné podotknout, že voda se oxiduje i redukuje velmi obtížně - až při relativně vysokých kladných či záporných hodnotách potenciálu, takže ta rovná část závislosti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

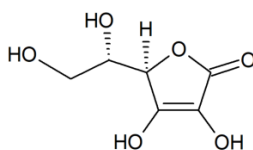


Obr. 3: Typický voltamogram: **(a)** lineární, **(b)** cyklický pro reverzibilní děj, **(c)** cyklický pro ireverzibilní děj.

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 citrónu. Z porovnání obou cyklických voltamogramů vyvodíme závěry o obsahu askorbové kyseliny. V případě potřeby můžeme provést srovnání s čistým roztokem standardu. Na závěr se plánuje degustace zbylých citrusů - odpovídá náš chuťový vjem naměřeným výsledkům?

Poznámky:

Praktikum XI: Použití metod hmotnostní spektrometrie pro rozlišení strukturních izomerů těkavých látek.

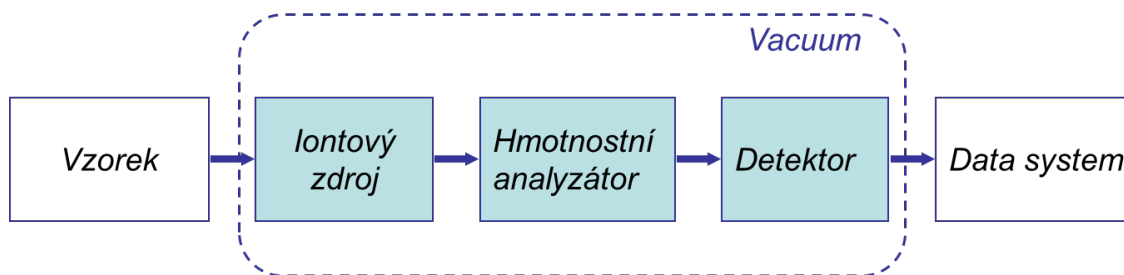
Praktikum povede: Kseniya Dryahina, Ph.D. z Odd. chemie iontů v plynné fázi; v laboratoři č. 216
kseniya.dryahina@jh-inst.cas.cz

Princip

Hmotnostní spektrometrie (MS) 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 (m/z)** v elektrických nebo magnetických polích. Hmotnostní spektrometrie se tedy zabývá ionty v plynné fázi.

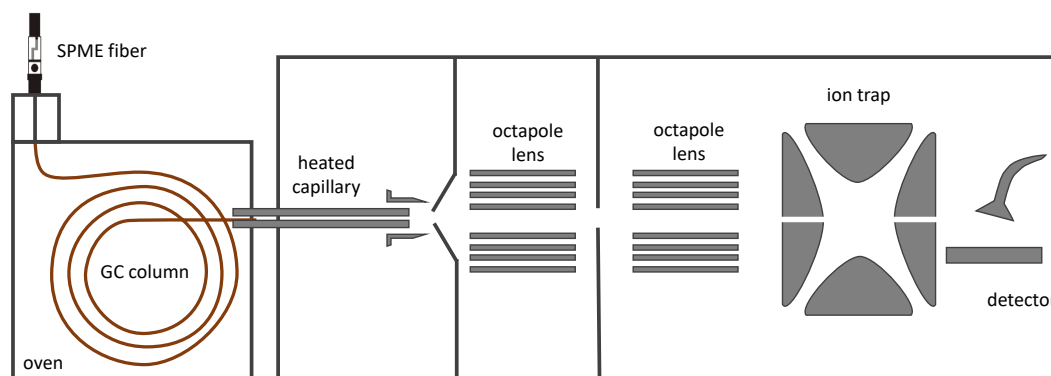
Hmotnostní spektrometry se skládají ze tří modulů

- 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.



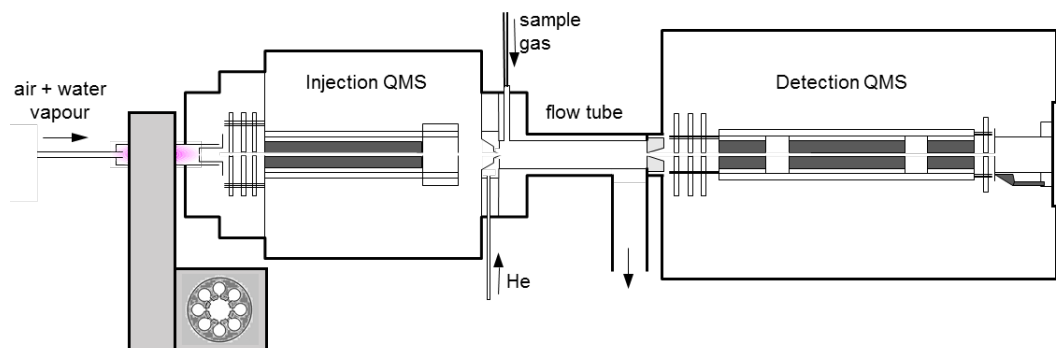
Plynová chromatografie s hmotnostní spektrometrií (GC/MS)

Plynová chromatografie (GC) je separační fyzikálně chemická metoda pro separaci a analýzu směsí látek, jejímž základním principem je **rozdělování složek směsi mezi mobilní a stacionární fázi**. **Stacionární fázi**, kterou je naplněna chromatografická kolona, může být pevná látka (silikagel, aktivní uhlí a jiné) či viskózní kapalina, která je nanesena v tenké vrstvě na inertní nosič. Separace látek probíhá v koloně se stacionární fází, kterou prochází nosný plyn (**mobilní fáze**). Na začátku kolony se složky vzorku sorbují ve stacionární fázi a následně desorbují zahřátím a jsou zachyceny nosným plynem, který složky postupně unáší ke konci kolony. Přičemž každá složka se kolonou pohybuje svou vlastní rychlostí a směřuje do detektoru.



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 vybraných reagentových iontů (H_3O^+ , NO^+ a O_2^+) 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.

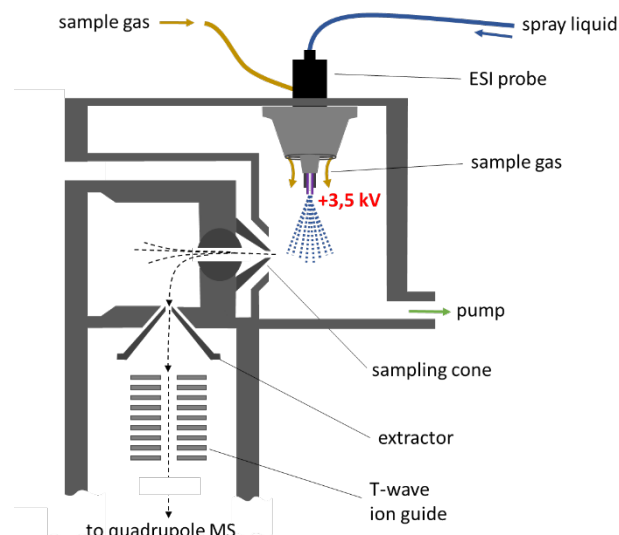


- Jeden typ reagentových iontů je vybrán pomocí kvadrupólového hmotnostního filtru na základě poměru m/z , a je dále vháněn do rychle proudícího inertního nosného plynu – nejčastěji hélia. Přičemž jako prekursorzy jsou vhodné ionty s malou reaktivitou se složkami vzduchu, ale rychle reagující s plyny ve vzorku.
- K nosnému plynu je vyhříváním 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. Tak vznikají hmotnostní spektra.
- **Koncentrace uvedených látek se určují hmotnostním spektrometrem pomocí absolutního výpočtu z měřených parametrů, umožňujících analyzovat několik složek v reálném čase.**

SESI-MS

Hmotnostní spektrometrie se sekundární elektrosprejovou ionizací (z angl. *Secondary electrospray ionisation mass spectrometry*, SESI-MS) představuje velice citlivou slibnou techniku pro analýzu komplexních směsí stopových plynných analytů dosahujících meze detekce v rozsahu pmol/mol. Tato metoda je založena na interakci mezi nabitými částicemi vytvořenými elektrosprejovou ionizací (ESI) a neutrálními molekulami plynného vzorku.

Přenos nabitých částic z roztoku do plynné fáze v ESI zahrnuje tři kroky: (1) rozptýlení jemných nabitých kapiček z kapaliny přiváděné do elektrospreje, následované (2) odpařením rozpouštědla a (3) oddělením iontů z vícenásobně nabitých kapiček. K sekundární ionizaci **SESI** dochází přenosem protonů a přenášením ligandu mezi ionty z elektrospreje a molekulami analytu plynného vzorku. Prekursorzy a produktové ionty mohou být přímo analyzovány v reálném čase pomocí hmotnostního spektrometru.



Cíle

1. Seznámit se s různými metodami v hmotnostní spektrometrii.
2. Vyzkoušet interpretaci MS spekter pro známou látku / směs látek.
3. Odpovědět na otázku „Na jaké problémy narazíme v případě směsi dvou isomerů a jak je můžeme rozlišit, když mají stejné m/z ?“

Poznámky k úloze:

Letní škola NANO2021

Přednášky

anotace k přednáškám

*(řazeno abecedně,
dle příjmení přednášejících)*

Od mobilných telefónov až k super-mikroskopom: Objavovanie neviditeľného sveta pri hre so svetlom'

Mgr. Marek Cebecauer, Ph.D.

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

Anotace přednášky:

Svetlo nám pomáha pozorovať okolitý svet voľným okom. Pre zúčmanie sveta oku neviditeľného potrebujeme citlivé prístroje. To ale nestačí. Musíme využiť fyzikálno-chemické javy, ktoré nám tento svet „odhalia“. Niektoré chemické látky po dopade svetla vyžiaria iné svetlo so zmenenou vlnovou dĺžkou - svetlo inej farby. Tento jav sa nazýva fluorescencia a dá sa merať. Tento jav nám pomáha napr. vo fluorescenčnej mikroskopii - metóde, ktorá zobrazuje mikroskopické objekty označené fluorescenčnými značkami. Iným využívaným procesom je fosforescencia – chemická indukcia svetla, ale pre zobrazovanie môžeme využiť aj jednoduchý odraz svetla. Všetky tieto javy sa využívajú v materiálových vedách, v biológii, ale aj v medicínskom výzume. O tomto svete si povieme pri prednáške, aby sme vedeli ako zamontovať náš mobilný telefón do mikroskopu a ešte pri tom niečo dôležité objavili.

Mgr. Marek Cebecauer, Ph.D.

Marek Cebecauer vystudoval biochemii na Komenského univerzite v Bratislave, doktorát získal v oboru imunologie na PŘF Univerzity Karlovy v Praze. Své postdokovské pobyty strávil na univerzitách ve Švýcarsku a v Anglii. V ÚFCH JH působí od roku 2010, kdy získal prestižní pětileté stipendium AVČR (Purkyně Fellowship) podporující mladé vědce a začal budovat svůj výzkumný tým. Řeší výzkumné projekty, kde se chemie prolíná s biologií a medicínou (např. grant GAČR s názvem Nanoskopická organizace a funkce koreceptoru CD4 na povrchu T buněk či projekt řešící Vliv transmembránových domén integrálních proteinů na dynamickou organizaci plazmatické membrány T lymfocytů). Své zkušenosti předává coby školitel bakalářům, diplomantům či doktorandům. Do týmu popularizátorů PEXED ÚFCH JH se začlenil jako lektor stáže středoškolských studentů a jako přednášející.

Ke svému ocitnutí se a působení ve vědě s humorem dodává:

"Som z chemickej rodiny (otec, strýko, brat, všetko chemici technológovia), v laborke som začal už ako 10-ročný. V 12-13 rokoch som sa hral s elektrónovým mikroskopom, vo veku 14-18 som chodil do laborky skoro každý deň (SOČky) a robil imunodiagnostiku reumatických ochorení. Na univerzite som začal najskor v laborke (Ústav experimentálnej onkológie SAV v Bratislave) už v lete, až potom sa v októbri začala škola. Po revolúcii (2.ročník PrFUK, chémia) som získal individuálny štúdijný plán a mohol tráviť vacsinu času v laborke (klónovanie nových génov kódujúcich receptory leukemických vírusov - Dr. Jozef Ban). Zároveň som v laborke u otca vyvinul metódu izolácie histónov. Z 25 kg brzliku z oviec na Orave som v smrade a po dňoch strávených v chladovej miestnosti, keď vonku bolo 30°C, s pomocou mixérov, varechy a v hrncoch oddelil históny 2A od 2B. Výťažok bol par mg super-čistých proteínov. Pre predstavu: 1mg zmesi týchto proteínov stál 2500 USD. Kolóna pre poslednú chromatografiu mala 7 metrov.

Po univerzite som skončil v Prahe v laborke Prof. Václava Hořejšího, kde práve začínala doba lipidových raftov (V. Hořejší a my - jeho študenti - sme boli jednými z prvých, čo tento jav popísali). V laborke so mnou bol Honza Černý, Tomáš Brdička a Karel Drbal - momentálne zaklad lektorov pri štúdiu imunológie na PrF UK v Prahe. Bola to veselá, a hlavne veľmi inšpiratívna, štácia. Neskôr som u Petra Šeba z konečne pochopil, ako pracovať pri klónovaní DNA. Všetci molekulárny biológovia pracujú s malými množstvami jednotlivých látok, Petrovi ľudia (z kvasnej chemie VŠCHT) naopak používali všetkého obrovské množstvá. Odvtedy moje klónovačky rekombinantných DNA fungovali takmer so 100% ucinnosťou ... Tu treba asi dodať, že sa stále pohybujeme na rozhraní mikrogramov, mikrolitrov, prípadne nanomólov.

V Lausanne som sa ako postdoc stretol s Ann Wilson, ktorá bola pri vzniku metódy prietokovej cytometrie v Austrálii. Pracoval som tam aj s myšami, ale iní ľudia sa o ne starali (občas som ich krmil švajciarskym syrom a evidentne im to prospelo). Takže to fungovalo. V Londýne som potom dokonca sám vyvinul nové transgénne myši pre moj výzkum, ale tie postupne churaveli, a keďže som sa o ne staral iba ja, bolo to s nimi stále horšie a horšie. Tam som pochopil, že chemik môže s laboratórnymi zvieratami pracovať iba vtedy, keď sa o ne stará niekto biologickejší. V tej dobe som si tiež povedal, že výsledky zo štandardných biochemických esejí ma už neuspokojujú. Človek vždy získa iba priemernú hodnotu z približne sto tisíc až 1 milióna buniek a oni tie bunky sú trochu podobné ľuďom a zvieratám. Každá je trochu iná. Tak som biochemické megalo-metódy vymenil za mikroskopiu a fluorescenciu. Infomácie teraz získavame z individuálnych buniek. Zameriavame sa na jednotlivé molekuly, pretože aj u nich (podobne ako u ľudí a buniek) sa dá povedať, že každá je tak trochu iná. My sa práve snažíme pochopiť túto roznorodosť v rámci celej bunky, alebo jednoduchého organizmu. Tým sa náš výzkum líši od našich kolegov na „Heyrováku“, pretože v (organických) rozpúšťadlách sú si molekuly dosť podobné."

Alchymie cizích světů aneb malý kurz astrochemie

RNDr. Martin Ferus, Ph.D.

Vedoucí Oddělení spektroskopie,

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

Anotace přednášky:

Děje probíhající v mezihvězdných oblacích či v atmosférách cizích hvězd a planet jsou natolik odlišné od chemie, která nás v běžném životě obklopuje, že je lze s trochou nadsázky nazvat alchymii, tedy něčím na pomezí kouzel a chemie. Nejprve se vydáme na cestu vedoucí od prvních atomů a molekul formujících se na samém počátku existence našeho vesmíru přes vznik všech prvků periodické soustavy při hrozivém výbuchu supernovy až ke zhroucení mezihvězdného oblaku obsahujícího základní stavební kameny vzniku hvězd, planet i života. Poté nahlédneme do současného chemismu utvářejícího povrch a atmosféru planet sluneční soustavy a vydáme se též na pouť zpět časem na ranou planetu Zemi do doby, kdy se snad utvářely základní komponenty molekulárního světa projevujícího znaky života. Tehdy to byl úplně jiný svět, podobal se jedovatému horkému pekle. V tomto pekle naši pouť završíme.

Doporučená literatura:

http://www.astrochymist.org/astrochymist_mole.html

<http://www.exoplanety.cz/>

<http://www.vzdalenesvety.cz/>

RNDr. Martin Ferus, Ph.D. (1983)

Martin Ferus vystudoval fyzikální chemii na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy a od roku 2005, od bakalářských studií, působí na Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i. Jeho prvotní specializací bylo studium spalovacích procesů pomocí spektroskopických technik (v rámci bakalářské práce), v ústavu dále realizoval svou diplomovou práci a posléze i dizertační práci (obhájena v roce 2012, téma Studium nestabilních částic a prekurzorů biomolekul pomocí spektroskopických technik).

V současnosti je vědeckým pracovníkem a vedoucím Oddělení spektroskopie. Během svého dlouhodobého působení v tomto oddělení dosáhl celé řady vědeckých výsledků. V rámci spektroskopických experimentů s laserovou ablací se věnuje identifikaci nových dosud nepopsaných spektrálních přechodů vysoce excitovaných atomů ve spektrech Slunce a hvězd, spektrům a chemickému složení meteorů a chemické evoluci základních biomolekul ve vesmíru a na raných planetách. O této problematice úspěšně přednáší studentům PŘF UK v Praze a v popularizační formě i středoškolákům v rámci různých programů ÚFCH JH. Ve vzdělávacím a popularizačním projektu ÚFCH JH s názvem Tři nástroje je již několik let zapojen coby přednášející. Jeho vědecké výsledky byly vědeckou komunitou již několikrát oceněny: Cena J. Hlávky (2015), Prémie O. Wichterleho pro mladé vědce (2016, Cena Učené společnosti pro mladé vědce (2016) a Cena Wernera von Siemens za vedení diplomové práce studenta PŘF UK Lukáše Patery (2021).

Martin Ferus je autorem okolo pěti desítek publikací uveřejněných v respektovaných mezinárodních i českých časopisech, včetně Journal of the American Chemical Society či Astronomy & Astrophysics.

Elektrochemie kolem nás aneb NEBOJTE SE ELEKTROCHEMIE

RNDr. Romana Sokolová, PhD.

Oddělení elektrochemie v nanoměřítku

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

Anotace přednášky

Žijeme v kyslíkové atmosféře, a tak není nic zvláštního, že se s přenosem elektronu mezi látkami setkáváme všude kolem nás. V rámci přednášky si řekneme, co to jsou oxidačně redukční reakce a co elektrochemie vlastně dokáže studovat. Proč studujeme redoxní vlastnosti látek? Odpověď tkví v zamyšlení nad úlohou přenosu elektronu v biologických systémech, principu fotosyntézy a s tím spojenou volbou účinných herbicidů. Dalším příkladem je redukční rozklad organických látek působením mikroorganismů nebo oxidační degradace barviv na dílech starých mistrů. Neméně významná je simulace metabolismu léčiv nebo návykových látek. Připomeneme si, co to je elektroda, poločlánek a elektrochemický článek; jak poznáme redukční činidlo a směr spontánní redoxní reakce.

Povíme si o podstatě oboru molekulární elektrochemie, o metodách a typech elektrod, které se pro studium oxidačního a redukčního mechanismu látek používají. Seznámíme se podrobněji s výzkumem oxidačního mechanismu přírodních barviv a některých bioaktivních látek. Při této příležitosti se seznámíme s technikou UV-Vis a IČ spektroelektrochemie, která významně napomáhá určení oxidačního a redukčního mechanismu.

RNDr. Romana Sokolová, PhD.

Absolvovala PŘF Univerzity Karlovy v Praze a po té doktorandské studium tamtéž. Jejím oborem je elektrochemie, věnuje se studiu chování různých látek s použitím elektrochemických (např. potenciometrie, voltametrie, polarografie, impedanční spektroskopie aj.) a mikroskopických (AFM, STM) metod. Je řešitelkou grantů a výzkumných projektů, včetně zahraničních, a autorkou téměř devadesátky prací v mezinárodních vědeckých časopisech. Za svou vědeckou práci věnovanou studiu degradačních mechanismů pesticidů různých chemických struktur a jejich inkluzních komplexů byla v roce 2000 oceněna Cenou AV ČR pro mladé vědce. Své zkušenosti předává studentům jako školitelka jejich diplomových či doktorandských prací nebo středoškolských stáží. O elektrochemii také přednáší ve vysokoškolských kurzech (PŘF UK Praha , PŘF MU Brno, Farmaceutická fakulta UK v Hradci Králové).

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, Wichterleho stipendia, prestižního Purkyněho Fellowship udělovaného AV ČR či Ceny Wernera von Siemense.



Jaroslav Heyrovský, cesta k Nobelově ceně přes padající kapky rtuťi

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

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

Víte

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

Nevíte ?

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

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

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

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



Spektroskopie aneb od světla k atomu a od atomu ke kvantu

Ing. Vít Svoboda, Ph.D.

*Laboratoř fyzikální chemie,
Oddělení chemie a aplikovaných biologických věd,
ETH Zurich, Švýcarsko*

Světlo je fascinující... a to natolik, že jeho absenci jsme pojmenovali jako tmu. Spektroskopie je vědecká disciplína, která pomocí světla a „tmy“ umožňuje studovat mikroskopické částice jako např. atomy a molekuly. Když Marco Polo dorazil do Číny, byl ohromen. Když vědci poprvé začali studovat atomy, byli taktéž ohromeni, až z tohoto údivu vzešla celá nová fyzikální teorie, trefně nazvaná kvantová mechanika. Dnes je kvantová mechanika nejpreciznější teorií, kterou máme k dispozici.

V přednášce se pokusím poodhalit závoj ukrývající záhady mikrosvěta a představit úchvatný valčík mezi světlem, atomy a kvantovou mechanikou. Tak, raz – dva – tři, raz – dva – tři...

Ing. Vít Svoboda, Ph.D.

Vít Svoboda zahájil svou vědeckou pouť ve svých 16 letech v laboratoři Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského pod vedením Dr. Ondřeje Votavy, který mu na Dni otevřených dveří učaroval přednáškou „Fascinace světlem 3F“. V roce 2015 obhájil magisterskou práci na Vysoké škole chemicko-technologické v Praze. V této práci se zabýval vysoce rozlišenou spektroskopií atmosféricky relevantních molekul. V témže roce se přesunul do Švýcarska, kde zahájil svá doktorská studia na ETH Zurich. V roce 2019 obdržel doktorský titul za studium femtosekundových procesů v molekulách a molekulových klastrech pomocí časově rozlišené spektroskopie a za rozvoj femtochirality. Od roku 2019 působí na ETH jako postdoktorand zabývající se studiem extrémních nelineárních optických procesů v kapalné fázi.

Nanotechnologie aneb co je malé, je i dobré ?

Lukáš Šimaňok

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

Dolejškova 2155/3, 182 23 Praha 8

Anotace přednášky:

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

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

Doporučená literatura:

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

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

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

Lukáš Šimaňok (1994)

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

Již sedmým rokem se velice aktivně podílí v týmu lektorů workshopů "Chemie není nuda" na přípravě popularizačních programů, spolu s Ing. Květou Stejskalovou, CSc. v rámci popularizačního a vzdělávacího projektu Tři nástroje, směřovaných k cílovým skupinám žáků středních a základních škol. V projektu Akademie věd Otevřená věda IV (2014-2015) se v týmu metodiků, pod vedením Dr. Stejskalové 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 studenty, tak pro pedagogy a v upravené podobě nově i pro žáky ZŠ.

Anorganické nanomateriály pro moderní zdroje energie

RNDr. Markéta Zukalová, PhD.

*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 NANO2021

Fyzikálně-chemický workshop

středa 25.8.2019

v časech 10:15-11:45 (tým I a II) a 13:00-14:30 (tým III a IV)

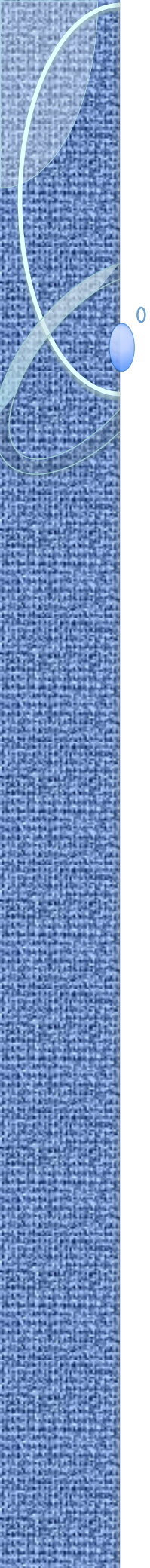
Fyzikálně chemický workshop na téma forenzní analýzy
(učebna EDU v přízemí)

Studenti ve dvou skupinách absolvují dopolední workshop a odpolední workshop systémem, že skupina která nemá workshop má praktika dle rozvrhu.

Zajišťují:

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

Při zahájení workshopu studenti obdrží tištěné pracovní listy.



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

*„Letní škola NANO2021: cesta nadaných k moderním
fyzikálně-chemickým oborům“,
(reg. č. 0021/7/NAD/2021) financovaný MŠMT,*

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

Dalšími spolupořadateli byly:

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

ISBN 978-80-87351-57-4 (e-book)