

Univerzita Pardubice
Fakulta filozofická

ZÁVĚREČNÁ PRÁCE

2018

Magdalena Zvolská

Univerzita Pardubice

Fakulta filozofická

Návrh učebního textu pro předmět Analytická chemie

Autor práce: Ing. Magdalena Zvolská, Ph.D.

Vedoucí práce: PhDr. Mgr. Ilona Ďatko, Ph.D.

University of Pardubice
Faculty of Arts and Philosophy

Proposal of didactic text for the subject Analytical chemistry

Author: Ing. Magdalena Zvolská, Ph.D.

Supervisor: PhDr. Mgr. Ilona Ďatko, Ph.D.

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše. Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích, dne 15. 6. 2018

Ing. Magdalena Zvolská, Ph.D.

Na tomto místě bych ráda poděkovala paní PhDr. Mgr. Iloně Ďatko, Ph.D. za odborné vedení mé závěrečné práce, za věcné rady, podněty a připomínky a především trpělivost.

Anotace

Závěrečná práce doplňkového pedagogického studia je věnována přípravě učebního textu pro předmět Analytická chemie, vyučovaný na středních odborných školách. Součástí závěrečné práce je i didaktický rozbor navrženého pedagogického textu.

Klíčová slova

Učební text, analytická chemie, spektrometrie laserem buzeného mikroplazmatu

Annotation

The final work of the supplementary pedagogical study is devoted to the preparation of a textbook for the subject Analytical Chemistry, taught at secondary vocational schools. Part of the final thesis is a didactic analysis of the proposed pedagogical text.

Keywords

Didactic text, analytical chemistry, laser-induced breakdown spectrometry

Obsah

Úvod.....	9
1 Učebnice	10
1.1 Typologie školních didaktických textů	11
1.2 Elektronické učebnice	11
1.3 Funkce učebnice.....	12
1.4 Strukturní komponenty učebnice	13
1.5 Učení z textu	14
1.6 Obsah učebnic a jeho analýza	15
1.7 Didaktická vybavenost učebnic.....	15
1.8 Učení z textu	16
2 Návrh učebního textu.....	17
2.1 Úvod.....	17
2.2 Vysvětlení základních pojmů.....	17
2.2.1 Shrnutí:	19
2.3 Přímá analýza pevných vzorků	20
2.3.1 Metody využitelné pro analýzu pevných vzorků.....	20
2.3.2 Spektroskopie laserem buzeného mikroplazmatu - LIBS	21
2.3.3 Princip LIBS metody	23
2.3.4 Základní principy buzení mikroplazmatu.....	24
2.3.5 Shrnutí:	25
2.4 Instrumentace LIBS spektrometru	25
2.4.1 Laser	26
2.4.2 Ablací komora	26
2.4.3 Spektrometr	27
2.4.4 Detektor	28
2.4.5 Shrnutí	29
2.5 Úprava vzorku pro analýzu	30
2.5.1 Kvalitativní analýza.....	31
2.5.2 Kvantitativní analýza.....	31
2.6 Optimalizace podmínek	32
2.6.1 Shrnutí:	33
2.7 Návod laboratorní úlohy	34
2.7.1 Příloha - Základní statistické hodnocení analytických výsledků	38
3 Didaktický rozbor navrhovaného učebního textu.....	40

3.1 Střední průmyslová škola chemická Pardubice.....	40
3.2 Komu je učební text určen	40
3.3 Pojetí a cíle předmětu Analytická chemie.....	41
3.4 Charakteristika učiva.....	41
3.5 Strategie výuky.....	42
3.6 Didaktická analýza navrhovaného textu	43
3.7 Motivace.....	43
4 Závěr	45

Úvod

Předkládaná závěrečná práce doplňkového pedagogického studia je zaměřena na vytvoření učebního textu pro studenty středních odborných či průmyslových škol. V rámci výuky analytické chemie se studenti seznámí s problematikou analýzy pevných vzorků, konkrétně s využitím metody spektrometrie laserem buzeného mikroplazmatu (LIBS). V pracovní části bude vysvětlen princip metody, problematika zpracování dat a možnost využití této metody v praxi. Po prostudování navrhovaného textu by žáci měli být schopni využít metodu v rámci laboratorní úlohy, popsat proces analýzy a orientovat se v případě vyhodnocování naměřených dat.

1 Učebnice

Co je to vlastně „učebnice“? Existuje několik definic, které se uplatňují v pedagogické odborné literatuře, a které jsou jistě správné, ale také nejsou zcela úplné a ani jednotné, jak poukazuje Průcha (1998).

„Učebnice vychází z obsahové normy učebních osnov a vymezuje a konkretizuje obsah a rozsah učiva daného vyučovacího předmětu pro daný ročník.“ (Wahla, 1983)

„Je to prostředek vyučování a učení v knižní formě, ve kterém jsou určitá odborná témata a okruhy daného předmětu metodicky uspořádány a didakticky ztvárněny tak, že umožňují čtení.“ (Meyers Kleines Lexikon – Pädagogik, 1988)

„Učebnice jsou všechny knižní (tištěné, psané) prostředky, specificky určené pro podporu procesu tvorby a nabývání vzdělávání žáků/studentů/jiných osob.“ (Sýkora, 1966)

„Učebnice je komplexní, kombinovaný typ označovaný někdy jako učební kniha, spojující učebnici, cvičebnici v jeden celek: kniha obsahuje výchozí texty (jazykový materiál pro vyvození pojmů a pouček), výklad učiva nebo alespoň poučení (ve formě pouček) a cvičení; některé učebnice obsahují rejstříky a slovníky pojmů – termínů.“ (Čechová, 1989)

Tyto definice vystihují jen některé, ne však všechny podstatné rysy učebnice. Komplexněji můžeme učebnici definovat, pouze pokud budeme postupovat od jejího obecného zařazení až k jejím specifickým vlastnostem. Učebnice je produkt zkonstruovaný pro specifické účely edukace. (Průcha, 1998)

Učebnici je možné zařadit do množiny školních didaktických textů, které spadají do skupiny didaktických prostředků a ty jsou součástí kurikulárních projektů (tzv. vzdělávacích programů), což jsou dokumenty normativního typu, obsahující učební plán, formulující cíle vzdělávání v jednotlivých předmětech a vymezující obsah vzdělávání v podobě učebních osnov. Posloupnost učiva není v učebních osnovách závazná, proto je třeba vymezit podstatné a rozšiřující (doplňující) učivo, a to jak pro jednotlivé předměty, tak i ročníky. (Průcha, 1998)

Žáci by měli získat dovednost s učebnicemi zacházet, orientovat se a pracovat s textem. Učebnice by měla být koncipována tak, aby žák byl schopen částečného samostudia a učebnice mu poskytla odpovědi na základní otázky, které se týkají probírané problematiky, vhodně zvolené vzhledem k navštěvovanému ročníku. (Průcha, 1998)

Učebnice jako takové jsou součástí souboru didaktických prostředků a didaktické prostředky jsou souborem všech materiálních předmětů fungujících při realizaci vzdělávání.

1.1 Typologie školních didaktických textů

Podle vztahu učebnice k charakteru vyučovacího předmětu rozlišujeme tyto typy učebnic:

Učebnice – zaměřené na osvojování učiva, převaha výkladového textu

Cvičebnice – pracovní sešity zaměřené na procvičování daného učiva, či k samostatné práci

Čítanky – pedagogicky zaměřený sborník vybraných literárních ukázek

Dále pak **slabikáře, sborníky, didaktické příručky, sbírky, mluvnice, zpěvníky, mapy, atlasy, testy a testové manuály** atd. (Veverková, 2002, Kalhous, 2002)

O způsobu využití učebnic v rámci výuky rozhoduje učitel. Určujícími elementy jsou jednak cíle vyučovaného předmětu, jeho charakter, ale i kompozice využívané učebnice, popř. cvičebnice. Dalšími významnými faktory jsou cíle učitele, které si klade v souvislosti s vykládanou látkou, dále pak jak je text v učebnici pojat, zda je vhodný k samostudiu, popř. zda je nutný i další, doplňující, či rozšiřující výklad. Je třeba mít na paměti, že školní učebnice poskytují informace základní, zpravidla z široké oblasti nějaké vědy. Neobsahují příliš detailní a speciální poznatky. (Průcha, 1998)

1.2 Elektronické učebnice

Nejen v zahraničí, ale i u nás je v rámci výuky některých předmětů již delší dobu využíváno multimediálních prezentací, jenž spojují text s vizuálními i zvukovými prostředky a s různými počítačovými efekty. V začátcích se to týkalo především výuky cizích jazyků, následně se připojovaly učebnice historie a dějepisu, biologie atd. Tyto elektronické učebnice jsou atraktivní a v případě srovnání s klasickými tištěnými učebnicemi se mohou jevit jako dokonalejší. Programy bývají interaktivní, uživatel si může sám určovat, zda chce systémem jen procházet, aktivně s ním komunikovat, získané informace procvičovat, atd. Často je textová výkladová část doplněna ilustracemi, fotografiemi, animacemi, zvukovými ukázkami atd.

Tištěné učebnice jsou ovšem v několika ohledech jedinečné a nenahraditelné. Především jsou snadno dostupné, přenosné a není vyžadováno žádné přídatné technické zařízení. Další významnou výhodou je, že tištěné učebnice jsou nepoměrně levnější. A za

zmínku jistě stojí i to, že v dnešní přetechnizované době může být stále pro řadu lidí, nejen studentů či žáků, mnohem příjemnější v ruce držet jednoduchou klasickou tištěnou učebnici, než tablet, či notebook. (Průcha, 1998, Sikorová, 2001)

1.3 Funkce učebnice

Funkce učebnice je definována jako role, jako předpokládaný účel, který má tento didaktický prostředek plnit v reálném edukačním procesu. Učebnice je nejrozšířenějším druhem didaktického textu a je z pravidla konstruována jako kniha. Školní učebnice a i vysokoškolská skripta mají jednu společnou podstatu – jedná se sumarizační texty – předkládají informace, které prezentují souhrnné a obecně uznávané poznatky z daného oboru či tematického okruhu. Jistá odlišnost zde ovšem je – školní učebnice musí být bezpodmínečně vybaveny aparátem řídicím učením a musí být přizpůsobeny věkovým schopnostem žáků.

Funkce učebnice je definována v závislosti na cílové skupině. **Funkce učebnice pro žáky a studenty** je chápána jako zdroj informací, ze kterého se žáci učí, osvojují si poznatky, ale i jiné složky vzdělání.

Funkce učebnice pro učitele – učebnice je pramenem, pomocí kterého si plánují obsah učiva, ale i přímou prezentaci tohoto obsahu ve výuce, hodnocení vzdělávacích výsledků žáků apod.

Další funkce učebnice jsou:

Infomační funkce – učebnice vymezuje obsah vzdělávání v určitém předmětu či oboru a to nejen rozsah, ale i dávkování informací určených k osvojení žáky

Transformační funkce – učebnice poskytuje přepracování odborných informací z určitého vědního oboru či oblasti tak, aby byly transformované informace přístupné žákům.

Systematizační funkce – učivo je členěno dle určitého systému do jednotlivých ročníků či stupňů školy a vymezuje také posloupnost jednotlivých částí učiva

Zpeňovací a kontrolní funkce - pod vedením učitele umožňuje učebnice osvojovat si určité poznatky, dovednosti a procvičovat je, popřípadě kontrolovat

Sebevzdělávací funkce – učebnice stimuluje k samostatné práci s učebnicí a měla by v nich vytvářet učební motivaci a potřeby poznávání

Integrační funkce – poskytuje základ pro chápání a integrování těch informací, které žáci získávají z různých jiných pramenů

Koordinační funkce – zajišťuje koordinaci při využívání dalších didaktických prostředků, které na ni navazují

Rozvojově výchovná funkce – učebnice přispívá k vytváření různých rysů “harmonicky rozvinuté osobnosti“ žáků. (Průcha, 2002; Průcha, 1998)

1.4 Strukturní komponenty učebnice

Strukturním komponentem školní učebnice je určitý blok prvků, který je v těsném vzájemném vztahu s jinými komponenty učebnice, s nimiž v souhrnu vytváří celistvý systém, má přesně vymezenou formu a své funkce realizuje pomocí vlastních prostředků.

Obecně má učebnice dvě složky – **složku textovou a složku mimotextovou**, kdy obě složky jsou strukturovány do specifických komponentů. Strukturální a funkční analýza učebnic má dvojitou účelovost – jednak se jejím prostřednictvím rozvíjí a obohacuje samotná teorie učebnice a současně poskytuje základ pro empirické zkoumání učebnic a jednak má smysl aplikační, přináší poznatky, jež jsou využitelné pro vědecké hodnocení učebnic.

Klasifikace strukturních komponentů textové složky učebnice jsou vymezeny na základě jejich funkcí, rozlišujeme 7 textových komponentů:

Motivační text – slouží v učebnici k uvedení učiva, k vysvětlení, proč se určité učivo probírá, k zainteresování žáka pro aktivní činnost, k navázání na dříve probrané učivo atd.

Výkladový text – sdělování poznatků, faktů, teorií, historického vývoje poznatků, norem, hodnot a postojů atd.

Regulační text – slouží k aktivaci žáka při čtení textu učebnice, uděluje pokyny k provádění cvičení atd.

Ukázky a příklady – funkce tohoto textového komponentu není autory definována

Cvičení – vedou žáka k záměrnému opakování určité činnosti a tím k získání určitých dovedností a návyků atd.

Otázky – aktivizující funkce podobně jako v komponentu „Cvičení“

Prostředky zpětné vazby – funkce získávání informací o postupu učení, výsledky výpočtů, klíče k jazykovým cvičením atd. (Průcha, 2002; Průcha, 1998)

Strukturální a funkční analýza učebnic má takto dvojí účelovost – jednak se jejím prostřednictvím rozvíjí a obohacuje samotná teorie učebnice a současně poskytuje základ pro empirické zkoumání učebnic a jednak má silný aplikační smysl – přináší poznatky, jež jsou použitelné pro vědecky založenou tvorbu a hodnocení učebnic. (Michovský, 1980)

1.5 Učení z textu

Smyslem existence každé učebnice je to, že se z ní má někdo něčemu naučit. Učebnice by měla být vytvářena s ohledem nejen na svůj obsah, ale i na jeho prezentaci. Učení z textu je souvislý proces provazující mezi sebou jednotlivé složky, a to vnímání, zpracování a zapamatování informace sdělované didaktickým textem. Porozumění textu vzniká z interakce mezi určitými vlastnostmi textu a určitými vlastnostmi subjektu. Učení probíhá jako vzájemně podmíněná interakce – **kognitivní kompetence** – komplex dosavadních naučených poznatků, způsobů operování s nimi, schopností a zkušeností využitelných k poznávání objektivní reality.

Jazyková kompetence – znalost prostředků určitého jazyka a pravidel jejich užívání.

Zájmy, postoje a motivace – stimulační charakteristiky textu – takové strukturální prvky v učebnici, které řídí a podněcují žákovu učení. Různé typy otázek a úkolů, vhodně zvolená předmluva, instrukce a pobídky k určitým činnostem.

Komunikační charakteristiky textu – vlastnosti textu, které jej uzpůsobují z hlediska vyšší či nižší sdělitelnosti (především forma, členění a strukturování příslušného obsahu).

Je třeba si uvědomit, že soudobá teorie učebnice je obor multidisciplinární, který objasňuje učebnici nejen z hlediska jejích funkcí a struktur, ale také ve vztahu k jejím uživatelům a procesům, které při využívání učebnice probíhají. (Průcha, 1998, Hnilica, 1992)

1.6 Obsah učebnic a jeho analýza

Obsah učebnic je možné rozdělit na dvě základní dimenze – **věcný obsah a ideový obsah**. Věcný obsah je zřejmý u každé učebnice. Jedná se o soubor informací v učebnici, který je vztažen k odborné stránce učiva. Cílem autorů učebnic by mělo být, aby informace z jakéhokoli oboru, který je v učebnici prezentován, byly aktuální, věcné a ověřené. Ovšem i v případě vytváření učebnice, tak jako v jakémkoli jiném odvětví lidské činnosti, do práce zasahuje i subjektivní pohled autora na danou problematiku, který by ovšem neměl mít fatální vliv na prezentovaná fakta. Ideový obsah je stejně důležitý, ale méně zřetelný. Dal by se charakterizovat jako záměr, nápad, či myšlenka učebnice jako celku. (Průcha, 1998)

Učebnice ztvárňují různé vzdělávací obsahy v podobě, jež je vhodná pro prezentaci žákům a tedy i teorie a výzkum učebnic se zaměřuje na obsahové aspekty.

Mikroanalýza obsahu učebnic – identifikace a analýza strukturních elementů obsahu a jejich vztahy v určitých úsecích textu učebnic.

Makroanalýza obsahu učebnic – posuzování celkových vlastností obsahu a jeho efektů pro vzdělávající se subjekty. **Makrostrukturace** obsahu učiva je realizována takovými prostředky, které operují na úrovni celého textu. Nejčastějšími prostředky tohoto typu jsou

- Členění obsahu na tematické celky, kapitoly, lekce, odstavce
- Členní obsahu na výkladový text, text sloužící k učení, text poskytující orientaci
- Grafické značky signalizující různé vrstvy obsahu učiva
- Polygrafické signály pro různé složky obsahu učiva

Mikrostrukturace obsahu učiva je realizována takovými prostředky, které operují na úrovni menších úseků didaktického textu (jednotlivé lekce, témata, odstavce). (Průcha, 1998)

1.7 Didaktická vybavenost učebnic

Didaktická vybavenost učebnice není její statickou vlastností, ale určuje její procesuální efektivnost, tedy to, jak bude učebnice využívána v reálných edukačních procesech ve škole i při samoučení žáků. Je to vlastnost učebnice, která určuje, zda může být edukačním médiem. Hodnocení míry didaktické vybavenosti učebnic je založeno na vyhodnocování rozsahu využití strukturních komponentů – jak textových, tak obrazových. Toto měření lze provádět pomocí kvantitativních koeficientů a je založeno na rozdělení

struktury učebnice na 36 komponentů, jenž jsou nositeli určitých informací (např. výkladový text prostý, shrnutí učiva, nauková ilustrace, fotografie atd.). Ze zjištěných hodnot výskytu v dané učebnici se vypočítají dílčí koeficienty i celkový koeficient didaktické vybavenosti učebnice. Hodnoty koeficientů se uvádějí v rozmezí 0-100%. Čím vyšší je hodnota koeficientu, tím je didaktická vybavenost vyšší. (Průcha, 1998)

1.8 Učení z textu

Učení z textu není pasivním vnímáním informací prezentovaných v textu, ale spíše procesem aktivního konstruování nových poznatkových systémů, který probíhá jako interakce mezi předchozími poznatky a novými informacemi, které jsou zpracovávány.

Učení z textu se objasňuje jako interakce mezi subjektem a textem, při níž na sebe působí různé charakteristiky těchto partnerů.

Předpokladem je jazyková kompetence žáka či studenta (subjektu), jenž znamená, že každý subjekt má určitou znalost jazykových prostředků a pravidel jejich užívání. Úspěšné učení z textu je tedy podmíněno tím, aby jazykové schopnosti subjektu a jazyková struktura textu byly v souladu. Ač se zdá tento fakt poměrně jasným, při jeho nedodržení může docházet k výrazným problémům při porozumění textu. Dalším důležitým faktorem je i délka vět a jejich struktura. (Průcha, 1998; Průcha, 2002)

Využití učebnice žáky a studenty jistě závisí nejen na jejím obsahu, ale i na formě zpracování informací, které jsou v učebnici prezentovány. V případě, že bude text žáky vnímán jako složitý, nesrozumitelný, nezáživný, nebudou mít chuť s učebnicí pracovat. Je ale také nutné zmínit, že obtížnost textu učebnice je subjektivní vlastnost, která je dána jeho specifickými charakteristikami. Stejně jako míra didaktické vybavenosti učebnic, i obtížnost didaktického textu je možné stanovit a to pomocí „vzorce obtížnosti textu“. V závislosti na použitém vzorci má vliv na míru obtížnosti především průměrná délka vět i slov, ale i index opakování slov. A je jasné, že jiná míra obtížnosti didaktického textu bude vyžadována pro žáky 1. stupně, jiná pro žáky 2. stupně a jiná pro studenty středních škol. (Průcha, 2002; Skalková, 1999)

2 Návrh učebního textu

Učební text pro předmět Analytická chemie

Cíl navrhované kapitoly

Cílem následující kapitoly je seznámit studenty s jednou ze základních analytických technik, které se používají pro přímou analýzu pevných vzorků. Student by v rámci výuky této problematiky měl pochopit základní principy procesů, funkci jednotlivých částí aparatury a podle předkládaného laboratorního návodu by měl být schopen provést pod dozorem jednoduchou praktickou úlohu.

Klíčová slova: Analytická chemie, LIBS spektrometrie, úprava vzorků, laboratorní návod

2.1 Úvod

Správné pochopení základních poznatků, nejen v rámci přírodních věd, ale ve všech oblastech lidské činnosti a vědění, je nezbytně nutné pro to, abychom na těchto základech mohli dále stavět. Prohlubovat své znalosti, vědomosti a dovednosti. Proto si dovoluji na následujících stránkách přiblížit několik základních pojmů, bez kterých se analytický chemik neobejde, ať již bude jeho cesta směřovat do jakékoli oblasti analytické chemie.

2.2 Vysvětlení základních pojmů

Analytická chemie je jedním ze základních chemických oborů, jež se zabývá zkoumáním chemického složení látek a směsí. Z pravidla se jedná o analýzu kvantitativní nebo kvalitativní.

Kvalitativní analýza podává informace o prvkovém zastoupení v analyzovaném vzorku (kvalitativní určení neboli důkaz).

Kvantitativní analýzou je možné zjistit množství stanovovaného analytu (látky či prvku) ve vzorku (kvalitativní určení neboli stanovení).

Analyt je konkrétní látka, prvek, molekula, ion či funkční skupina, jejíž přítomnost, či množství je určováno právě metodami analytické chemie. Zbývá část vzorku se nazývá **matrice**.

Analýza vzorků – v případě vhodně zvolené instrumentace, je možné analyzovat vzorky kapalné, plynné i pevné. Je ale samozřejmé, že ne každá metoda bude využitelná pro

všechna skupenství vzorků. Jsou metody, které jsou použitelné pouze pro roztoky, tedy na **kapalné vzorky**. Ať už se jedná o vzorky, které se v kapalné formě vyskytují přirozeně (např. vzorky vod, kalů atd.), ale může se jednat i vzorky, které byly do roztoku převedeny (např. loužení pevné látky či rozpuštění pevné látky v kapalině).

Analýza plynných vzorků je značně charakteristická, je třeba zajistit těsnost aparatur, průtoky plynů, atd. Analýza plynů je často spojena s analýzou ovzduší, popř. skládkových plynů, či plynů vznikajících při chemických reakcích, atd. V tomto případě může být problematické zajistit reprezentativní odběr vzorku, během odběru může dojít k velmi rychlé kontaminaci jak analyzovaného plynu, tak okolí odebíraným vzorkem.

Analýza pevných vzorků je, v případě vhodně zvolené techniky, rychlá, časově i materiálově nenáročná analýza, protože odpadá nutnost převedení pevné látky do roztoku. Analýza pevných vzorků bez jejich předchozí úpravy je ovšem možná pouze v případě využití určitých optických metod. Pro metody elektrochemické či separační je nutné vzorky převést do roztoku.

Analytickou chemii je možné obecně rozdělit do dvou skupin metod, které se pro získání námi chtěné informace používají. Jedná se o **klasické metody a instrumentální metody**.

Tzv. **klasické metody** analytické jsou **ryze chemické** metody, jenž jsou založeny na vzniku a průběhu chemické reakce. Ty ovšem s postupem času, vývojem techniky a především požadavky kladenými na přesnost a rychlost výsledků doplnily právě instrumentální metody.

Instrumentální analytické metody jsou takové, při jejichž aplikaci je nutné využít **vhodnou instrumentaci**. Instrumentální metody se dělí na separační, elektrochemické či optické. Jejich využití je podmíněno vlastnostmi analyzovaného materiálu a také informacemi, kterých chceme analýzou vzorku dosáhnout.

Instrumentální analytické metody je možné rozdělit do tří skupin v závislosti na jevu, který se při analýze sleduje. První skupinou jsou **separační metody**, mezi které spadá např. plynová či kapalinová chromatografie, nebo separace v elektrickém poli. Jak již název napovídá, v případě analýzy dochází k **separování** (oddělení) **různých složek analyzovaného vzorku** v závislosti na jejich vlastnostech.

Druhou skupinou jsou **metody elektrochemické**, ty jsou založeny na měření elektrických vlastností vzorku (např. konduktometrie), nebo na sledování jistého elektrochemického děje (např. potenciometrie, polarografie).

Třetí skupinou jsou **optické metody**, které můžeme dále rozdělit na spektrální a nespektrální. **Nespektrální** (kdy není sledováno spektrum) jsou např. refraktometrie či polarimetrie. **Spektrální metody** je možné dále rozdělit na emisní a absorpční. **Absorpční spektrometrie** je založena na sledování množství absorbované energie volnými atomy sledovaného prvku. **Emisní spektrometrie** je založena na studiu emise záření, kterou vysílají atomy sledovaného prvku po tom, co byly vybuzeny vhodně zvoleným zdrojem do vyššího energetického stavu. Emisní spektrometrie zahrnuje celou řadu metod využitelných pro analýzu vzorků především v kapalném stavu. (Bartoš, 2004; Černohorský, 1997)

2.2.1 Shrnutí:

Analytická chemie, ať jde o využití klasických či instrumentálních metod, je zaměřena na kvalitativní a kvantitativní analýzu různých látek. Na základě získaných výsledků je možné dokázat přítomnost analytu v analyzovaném vzorku, či stanovit jeho množství. Klasické metody analytické zahrnují jednoduché postupy, pro které je typické využití standardního laboratorního vybavení, jako jsou odměrné válce, kahany, kádinky, pipety či byrety. Instrumentální metody analytické jsou založeny na využití přístrojů, pomocí kterých je možné měřit různé parametry. Instrumentální metody jsou rozděleny do tří rozsáhlých skupin – metody optické, elektrochemické a separační.

Důležité pojmy:

Kvantitativní analýza, kvalitativní analýza; optické, elektrochemické a separační metody

Opakovací část ~ Otázky ~ Samostatná práce

1. Vysvětlete rozdíl mezi kvalitativní a kvantitativní analýzou.
2. Definujte pojem analyt a matrice.
3. Vysvětlete rozdíl mezi instrumentální a klasickými postupy analytické chemie.
4. Zamyslete se nad tím, co vše se může stát v případě odebírání vzorků, co může ovlivnit výsledek analýzy?
5. Zkuste vlastními slovy definovat úskalí při analýze plynů, kapalin i pevných látek.

V rámci domácí přípravy si dohledejte 3 techniky využívané jako separační metody, 3 techniky z oblasti elektrochemických metod a 3 techniky z oblasti optických metod. Vždy uveďte celý název, používanou zkratku a ve zkratce uveďte princip techniky.

Doplňující zdroj informací k probíranému tématu:

BARTOŠ, Martin a kol. Analytická chemie I. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. ISBN 80-7194-723-7.

ČERNOHORSKÝ, Tomáš a Pavel JANDERA. Atomová spektroskopie. Pardubice: Univerzita Pardubice, 1997. ISBN 80-7194-114-X.

2.3 Přímá analýza pevných vzorků

Přímá analýza pevných vzorků není zatím příliš obvyklá. Častějším postupem je **převedení vzorku do roztoku** a následná analýza vhodně zvolenou roztokovou metodou. Ovšem v případě, kdy si nemůžeme dovolit **úplnou destrukci vzorku** (archeologické nálezy, historické předměty či jinak cenné vzorky apod.), je to často jediná cesta jak provést analýzu.

Existuje několik metod, které se pro přímou analýzu pevných vzorků dají použít, v následující kapitole budou zmíněny okrajově a další text bude zaměřen na metodu spektroskopie laserem buzeného mikroplazmatu (LIBS). (Zvolská, 2017)

2.3.1 Metody využitelné pro analýzu pevných vzorků

V případě analýzy pevných vzorků je možné provádět povrchovou či hloubkovou analýzu (profilování). Hloubkovým profilováním se rozumí opakovaná analýza jednoho bodu vzorku, kdy se dostáváme stále hlouběji a získáváme informace o jednotlivých vrstvách vzorku. K těmto analýzám se využívá řada metod – jen zmíníme **LA ICP MS** (Laserová ablace ve spojení s hmotnostní spektrometrií s buzením v indukčně vázaném plazmatu), **GD OES** (optická spektrometrie s buzením v doutnavém výboji), **SIMS** (hmotnostní spektrometrie sekundárních iontů), **RBS** (Spektrometrie Rutherfordova zpětného rozptylu), **MEIS** (Spektroskopie rozptylu středně energetických iontů) a **EDX** (Energiově-disperzní rentgenfluorescenční spektroskopie). V případě mapování povrchu vzorku jsou využitelné následující metody - **AES** (Augerova elektronová spektroskopie), **XPS** (rentgenová fotoelektronová spektroskopie), dále opět **LA ICP MS**, **EDX** a **SIMS**.

Výše zmíněné metody jsou ve většině případů náročné jak časově, tak i materiálově, vyžadují určité specifické vlastnosti vzorků, provoz je nákladný a náročný na znalosti obsluhy. (Zvolská, 2017)

2.3.2 Spektroskopie laserem buzeného mikroplazmatu - LIBS

Spektroskopie laserem buzeného mikroplazmatu (z anglického *Laser-induced breakdown spectrometry - LIBS*) je instrumentální analytická metoda řadící se do skupiny metod **atomové emisní spektrometrie (AES)**. AES je založena na produkci a detekci čárových spekter emitovaných **při zářivém přechodu elektronů** z energeticky vyššího excitovaného stavu do nižšího základního stavu.

Elektrony je třeba do excitovaného stavu **vybudit**. V případě LIBS spektrometrie je budícím zdrojem **laserový paprsek**, který je pomocí optických členů zaostřen na povrch vzorku. Po interakci laserového paprsku s materiálem vzorku dochází ke vzniku **mikroplazmatu**. Mikroplazma je možné si představit jako miniaturní „oblak“ nad povrchem, který je tvořen excitovanými částicemi vzorku, jako jsou atomy, molekuly a ionty.

Při deexcitaci elektronů se **emituje charakteristické záření**. Emitované spektrum zaznamenané detektorem poskytuje informace, které lze využít pro identifikaci prvků v analyzovaném vzorku či ke stanovení koncentrace těchto prvků.

LIBS spektrometr se vyznačuje jednoduchým uspořádáním a nízkým počtem konstrukčních prvků. Zařízení se obvykle skládá z:

laserového zdroje (možnost volby různých typů laserů)

systemu optických elementů (hranoly, čočky, zrcadla)

ablační komory (místo, kde je umístěn vzorek)

spektrometru (úkolem je izolovat příslušný spektrální interval)

detektoru (slouží k měření intenzity záření)

a řídicího/vyhodnovacího PC.

Na následujícím obrázku (1) je zobrazen typický komerčně dostupný LIBS spektrometr. Veškeré jeho výše zmíněné komponenty jsou uživateli cíleně nepřístupné, aby nedocházelo ke změnám v nastavení hardwaru. Uživatel má možnost přístroj ovládat pouze přes software, kdy může nastavit jednotlivé funkce v určitém rozmezí hodnot. Jediným přístupným místem se stává ablační komora, ve které je umístěn posuvný stůl, na který se pokládá vzorek.



Obrázek 1 – Komerčně dostupný LIBS spektrometr

Obvykle jsou předmětem analýzy **slitiny kovů, práškové vzorky či oleje**, ale analyzovány mohou být i **biologické vzorky**. Technika LIBS nachází své uplatnění v řadě oborů jako je **environmentální chemie, forenzní, archeologická a povrchová analýza** a mnohé další.

Zajímavostí může být využití LIBS spektrometru při **vesmírném výzkumu**. Robustnost techniky je využita i v kosmických programech, kde je LIBS spektrometrem osazena i mobilní laboratoř **Curiosity**.

Výhody metody LIBS:

- **Různé skupenství vzorků** (vhodná instrumentace → analýza plynů a kapalin)
- **Rychlost analýzy** (analýza jednoho vzorku řádově do minuty)
- **Multielementární analýza** (možnost analýzy širokého spektra prvků)
- **Analýza lehkých prvků** (výhoda oproti jiným technikám)
- **Malé množství vzorku** (mikroskopické množství)
- **Kvazi-nedestruktivní** (vzniklý kráter o rozměrech maximálně stovky μm)
- **Nížší pořizovací náklady**
- **Nízké náklad na provoz**

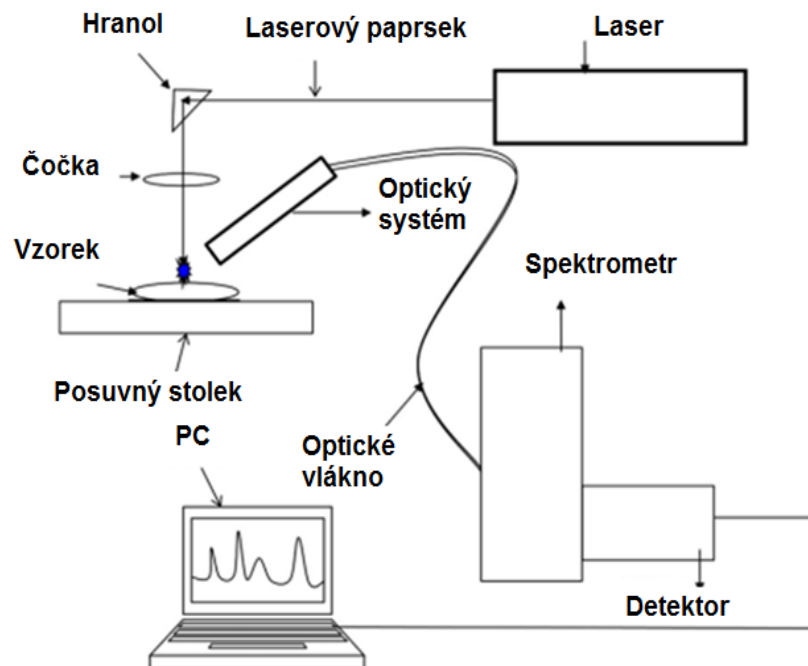
Nevýhody metody LIBS:

- **Nehomogenita vzorku**
- **Vliv matrice vzorku**
- **Delší optimalizace parametrů analýzy**

2.3.3 Princip LIBS metody

Základním principem LIBS spektrometrie je iniciace vzniku mikroplazmatu pomocí laserového zdroje. Při interakci laseru se vzorkem dochází k několika procesům. Nejprve je vzorkem **absorbováno budící záření**, čímž dojde k jeho lokálnímu přehřátí a při dostatečné intenzitě absorbovaného záření i k ablaci materiálu. Následně dochází ke **vzniku mikroplazmatu** a excitaci a následné deexcitaci elektronů přítomných prvků, které emitují charakteristické záření, jež je následně detekováno.

Po absorpci záření a s ní spojeným přenosem tepla dochází **k ablaci analyzovaného materiálu**, teprve poté dochází ke vzniku mikroplazmatu. Schematické znázornění principu LIBS spektrometrie je uvedeno na Obr. 2. V následujícím textu budou stručně popsány pochody, které nastávají při interakci laseru s povrchem vzorku.



Obrázek 2 - Schematicky znázorněný princip LIBS spektrometru

2.3.4 Základní principy buzení mikroplazmatu

Principem LIBS spektrometrie je generování mikroplazmatu nad povrchem vzorku pomocí laserového impulzu. Nejdříve dochází k **buzení plazmatu**, následně k **excitaci a deexcitaci atomů/ iontů** jednotlivých prvků a k **emisi jejich charakteristického záření**, které je detekováno. **Vlnová délka tohoto záření je charakteristická pro každý prvek**. Při interakci laserového paprsku o dostatečné energii se vzorkem dochází k ablaci analyzovaného materiálu. Teprve po ablatování vzorku dochází ke vzniku plazmatu.

Prvotním krokem je **ablace** – což je celý souhrn procesů, které probíhají při interakci laseru se vzorkem. Tyto procesy jsou – **ohřev, tavení, odpařování** analyzovaného vzorku. Laserový paprsek je optickou čočkou fokusován na povrch vzorku do průměru v řádu jednotek až stovek μm . Materiál vzorku se prudce ohřeje díky jeho interakci s laserovým zářením. K ohřevu dochází jak na povrchu, tak i v určité hloubce pod povrchem vzorku.

Při působení laserového paprsku na vzorek, dochází k **absorpci fotonů povrchem vzorku**. Ve velmi krátkém čase dojde k intenzivnímu ohřevu malé plošky analyzovaného materiálu. Na povrchu vzorku dojde k nárůstu tepelné energie a vytvoří se **roztavená vrstva tohoto materiálu**. Pokud tato energie dosáhne vyšší hodnoty, než je teplo potřebné k varu materiálu vzorku, dochází k přechodu materiálu vzorku do plynné fáze.

Mezi ablací a vznikem mikroplazmatu probíhá tzv. **frakcionace**, při které dochází k **dělení analyzované směsi na frakce** tak, že každá frakce je obohacena o různé složky směsi. Jako frakcionace se označuje děj, při kterém dochází k **rozdílnému složení ablatovaného materiálu** v porovnání se složením **analyzovaného vzorku**.

Mechanismus vzniku, rychlost a tvar vznikajícího plazmatu závisí především na použitém laseru a vlastnostech analyzovaného vzorku. Ionizace plynu může probíhat dvěma mechanismy: pomocí multifotonové absorpce nebo kolizí buzenou ionizací. **Multifotonová absorpce** je založena na absorpci různého množství fotonů atomem či molekulou a jejich následné excitaci.

Kolizí buzená ionizace je mechanismus založen na vybuzení volných elektronů elektrickým polem laseru, jenž další energii získávají srážkami s neutrálními částicemi. V okamžiku, kdy elektron získá dostatečné množství energie, může dalšími srážkami ionizovat atomy za vzniku dalších elektronů, které jsou urychlovány v elektrickém poli. Celý proces se neustále opakuje a počet elektronů narůstá. (Zvolská, 2017; 2013)

2.3.5 Shrnutí:

LIBS neboli spektroskopie laserem buzeného mikroplazmatu je instrumentální analytická metoda, jenž spadá do oblasti metod pracujících na principu optické emisní spektrometrie. LIBS spektrometr se skládá z několika základních komponent laserového zdroje, systému optických elementů, ablační komory, spektrometru, detektoru a PC. Výhodou této techniky je bezesporu možnost analýzy téměř všech typů vzorků a stanovení širokého spektra prvků. Další výhodou je jednoduchá obsluha a především téměř nulová příprava vzorku k analýze. Nevýhodou může být delší čas nutný pro optimalizaci přístroje.

Základním principem LIBS spektrometrie je iniciace vzniku mikroplazmatu pomocí laserového zdroje, kdy je nejdříve absorbováno laserové záření, následně je ablatován materiál vzorku a dochází ke vzniku mikroplazmatu. Vznik mikroplazmatu je provázen excitací a následnou deexcitací elektronů přítomných prvků.

Opakovací část ~ Otázky ~ Samostatná práce

1. Uveďte alespoň 3 techniky, které se kromě LIBS využívají k přímé analýze pevných vzorků.
2. Vyjmenujte jednotlivé komponenty, ze kterých se skládá LIBS spektrometr.
3. Vyjmenujte základní pochody vedoucí ke vzniku mikroplazmatu a stručně vysvětlete jejich průběh.
4. Pomocí obrázku vysvětlete princip LIBS spektrometrie.

Doplňující zdroj informací k probíranému tématu:

ZVOLSKÁ, M. Analýza vzorků ve formě tenké vrstvy pomocí LIBS spektrometrie, 2017, Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, Ústav environmentálního a chemického inženýrství, Disertační práce.

ZVOLSKÁ, M. Stanovení fluoru v pevných vzorcích pomocí spektrometrie laserem buzeného mikroplazmatu (LIBS), 2013, Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, Ústav environmentálního a chemického inženýrství, Diplomová práce.

2.4 Instrumentace LIBS spektrometru

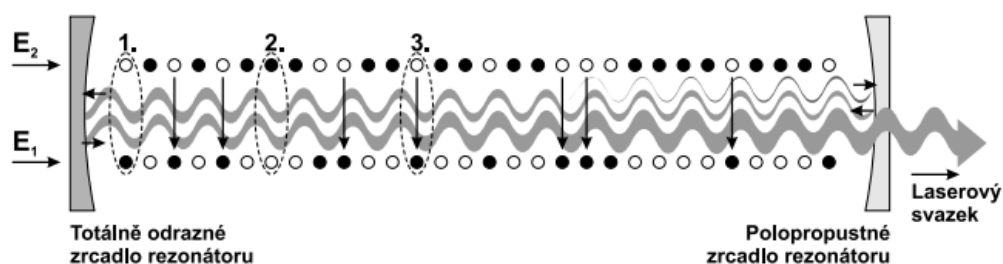
V následující části si podrobněji vysvětlíme funkci jednotlivých komponent v instrumentaci LIBS spektrometru. Přístroj LIBS je složen z několika základních a pro analýzu nepostradatelných komponent. Jde o **detektor, spektrometr, ablační komoru** a především **laser**.

2.4.1 Laser

Laser je iniciačním zdrojem LIBS spektrometru. Díky laserovému paprsku dochází ke generaci mikroplazmatu, ve kterém je možné detekovat přítomné prvky. Lasery se skládají ze tří základních částí: **zdroje energie, aktivního prostředí a rezonátoru**. Ze zdroje je dodávána energie, která je v aktivním prostředí absorbována a následně dochází k emisi záření. Třetí částí laseru je tzv. rezonátor, umožňující účinnější zesílení paprsku.

Základní princip laseru

Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, neboli zesilování světla stimulovanou emisí záření) pracuje jako optický zdroj elektromagnetického záření emitující fotony ve formě koherentního monochromatického paprsku. Energie budícího zdroje zajišťuje v aktivním prostředí dostatečné množství kvantových soustav v excitovaném stavu. V případě většího množství kvantových soustav ve vybuzeném stavu je optické záření řetězovitě zesilováno. Po dostatečném zesílení je paprsek vyveden z rezonátoru. Princip je znázorněn na obr. 3.



Obrázek 3 – Schematické znázornění principu laseru

Lasery se dělí podle konstrukce jejich aktivního média na **pevnolátkové lasery, plynové, kapalinové a polovodičové**. V instrumentaci LIBS se využívá především pevnolátkových laserů, případně plynových (excimerových) laserů. (Zvolská, 2013)

2.4.2 Abláční komora

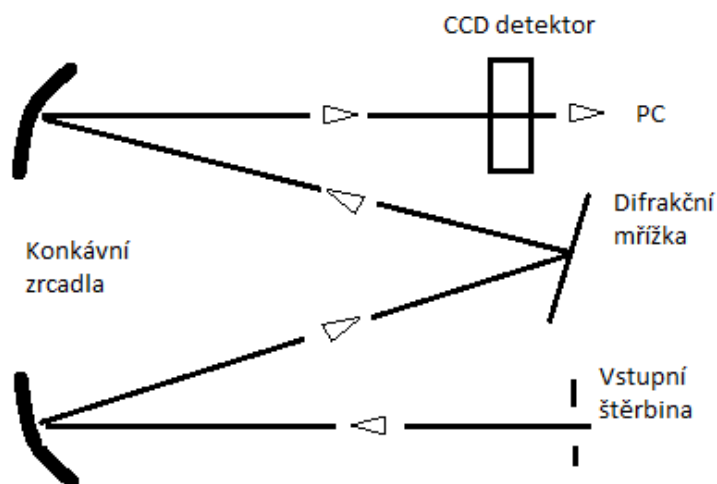
Abláční komora je místo, ve kterém je **vzorek umístěn na posuvném zařízení** a je možné korigovat polohu pomocí softwaru. Aby při analýze nedocházelo k nežádoucímu posunu vzorku, je posuvný stůlek často opatřen **různým typem úchyťů**, které vzorek fixují na místě. V této komoře dochází k ablaci materiálu analyzovaného vzorku a vzniku plazmatu. Abláční komory je možné promývat **inertním plynem či případně evakuovat**. (Zvolská, 2013)

2.4.3 Spektrometr

Optický systém má za úkol přenést paprsek záření **ze zdroje do disperzního prvku**, pomocí kterého je možné izolovat příslušný spektrální interval. Po výstupu z disperzního prvku je záření **fokusováno na vhodný detektor**. U moderních přístrojů je usilováno o co nejmenší počet optických prvků (čočky, zrcadla, polopropustná zrcadla). Se stoupajícím počtem těchto prvků totiž dochází ke **zhoršování detekčních limitů a zvyšování chyby měření**. Pro optickou emisní spektroskopii jsou dostupné sekvenční, simultánní a simultánně-sekvenční spektrometry.

Sekvenční spektrometry umožňují měření v daný okamžik pouze při jedné vlnové délce. Snímají spektrum postupně tak, že dochází k měření záření dopadajícího pouze na výstupní štěrbinu a postupně se mění nastavená vlnová délka. Měření jednotlivých vlnových délek probíhá postupně.

U sekvenčních spektrometrů se disperzní prvek nazývá **monochromátor**. Nejběžnějším uspořádáním těchto monochromátorů je **Czerny-Turner** a **Echelle**. Pro uspořádání **Czerny-Turner** (Obr. 4) probíhá analýza následovně: záření prochází vstupní štěrbinou ($1\ \mu\text{m}$) a dopadá na konkávní zrcadlo, které ho fokusuje na difrakční mřížku. Na této mřížce dochází k rozkladu polychromatického záření a rozložené záření je opět fokusováno konkávním zrcadlem do výstupní štěrbinu. Tak dopadá do štěrbinu pouze určitý úzký interval vlnových délek. Pootočením difrakční mřížky je možné změnit sledovaný interval. Tato mřížka je rovinná.



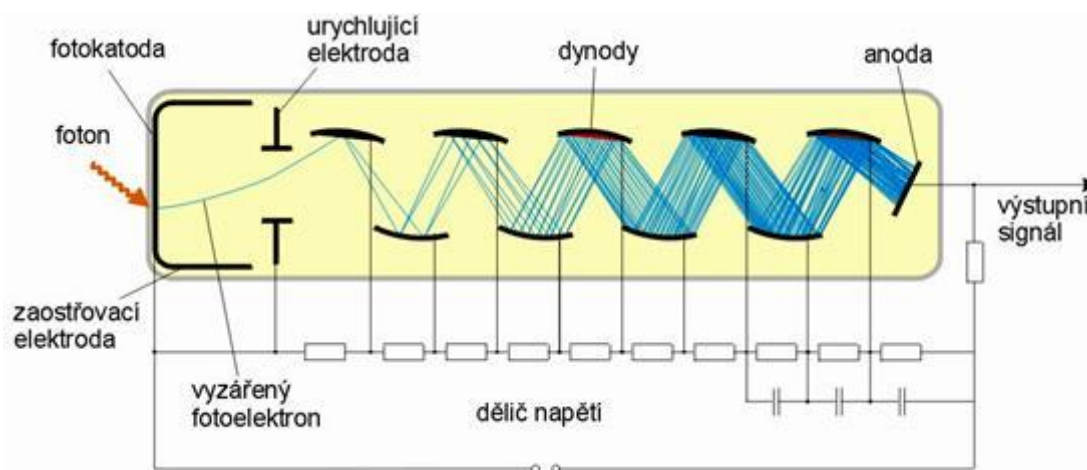
Obrázek 4 - Uspořádání Czerny-Turner

Simultánní spektrometry – snímají intenzitu dopadajícího záření ve více výstupních štěrbinách současně. Výstupní štěrbinu jsou nastaveny na **konkrétní vlnové délky** a každá výstupní štěrbinu má **vlastní fotonásobič** (toto spojení je tzv. kanál). Výhodou je vysoká rychlost analýzy, ale analyzovány mohou být pouze ty prvky, na které máme nastaveny kanály. Nevýhodou je i **vyšší pořizovací cena**. (Zvolská, 2013)

2.4.4 Detektor

Detektory slouží k měření intenzity záření, které plazma emituje. Základem detektoru je čidlo, které **převádí elektromagnetické záření ze vstupního neelektrického signálu na výstupní signál**, který je elektrický.

Fotodetektory zajišťují transformaci optického záření na elektrický signál. Působením světla dochází k emisi elektronů z fotokatody, které jsou součástí nejjednoduššího používaného detektoru – **fotonásobiče** (Obr. 5). Fotonásobič je tvořen evakuovanou skleněnou baňkou se vstupním okénkem z křemene. Uvnitř baňky je systém dynod umístěn mezi fotocitlivou katodu a anodu. Při dopadu fotonu na katodu dojde k vyražení elektronu, který je urychlen a přitažen vlivem elektrického pole na nejbližší dynodu, ze které jsou vyraženy sekundární elektrony. Tyto elektrony jsou opět přitaženy k následující, elektropozitivnější dynodě, ze které vyrazí další elektrony. Tímto vzrůstem počtu elektronů dojde k zesílení signálu.



Obrázek 5 – Princip funkce fotonásobiče (Reichl, 2006)

Dalším detektorem hojně využívaným v instrumentaci LIBS je **CCD detektor**, který dovoluje měřit najednou více vlnových délek v širší oblasti spektra. CCD detektor je tvořen **křemíkovým polovodičovým čipem**. Dopad fotonu na vstupní část generuje elektron, který je uchovávan v potenciálové jámě. Počet nábojů v jámě narůstá s množstvím fotonů

dopadajících na povrch. Přenosovou částí je náboj postupně přenášen pomocí elektrického pole k výstupní části, ze které elektrony prochází na zesilovač čipu. Individuální náboje jsou přeměněny na **výstupní napětí**. (Zvolská, 2013)

2.4.5 Shrnutí

Jak bylo již několikrát zmíněno, LIBS spektrometr se skládá z několika důležitých částí, jedná se o detektor, spektrometr, ablační komoru a laser. Laser je iniciačním zdrojem spektrometru, pomocí kterého dochází ke generaci mikroplazmatu, ve kterém je možné detekovat přítomné prvky. Ablací komora je část spektrometru, do které se vkládá analyzovaný vzorek. V případě kusových vzorků je možné je vložit bez předchozí úpravy přímo na posuvný stolek. V případě sypkých materiálů je nutné vzorek k analýze předem připravit. Další nezbytnou součástí je spektrometr, což je součást optického systému, jenž má za úkol přenést paprsek a následně, pomocí disperzního zařízení, izolovat příslušný spektrální interval. Dělí se na sekvenční a simultánní. Po výstupu je záření fokusováno na vhodný detektor, jenž funguje na principu převedení elektromagnetického záření ze vstupního neelektrického signálu na výstupní elektrický signál.

Opakovací část ~ Otázky ~ Samostatná práce

1. **Zkuste vlastními slovy vysvětlit princip fungování laseru.**
2. **Popište funkci fotonásobiče a CCD detektoru.**
3. **Vysvětlete rozdíl mezi sekvenčním a simultánním spektrometrem.**
4. **V rámci domácí přípravy si zopakujte definici pojmů – foton, inertní plyn a polovodič.**

Doplňující zdroj informací k probíranému tématu:

ZVOLSKÁ, M. Analýza vzorků ve formě tenké vrstvy pomocí LIBS spektrometrie, 2017, Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, Ústav environmentálního a chemického inženýrství, Disertační práce.

ZVOLSKÁ, M. Stanovení fluoru v pevných vzorcích pomocí spektrometrie laserem buzeného mikroplazmatu (LIBS), 2013, Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, Ústav environmentálního a chemického inženýrství, Diplomová práce.

ČERNOHORSKÝ, Tomáš a Pavel JANDERA. Atomová spektroskopie. Pardubice: Univerzita Pardubice, 1997. ISBN 80-7194-114-X.

2.5 Úprava vzorku pro analýzu

Pokud se jedná o **jednotlivý, kusový vzorek** (např. kovový výlisek), je možné jej do ablační komory **přímo vložit** a následně fokusovat laserový paprsek na jeho povrch. V případě **sympkých materiálů** je třeba vzorek **upravit do vhodné formy**. Nejčastěji se využívá stlačení do formy tablety, což sebou ale přináší problém zanášení optického systému v ablační komoře ablatovaným materiálem. Dalším způsobem přípravy vzorku je **nanášení materiálu na pásku**. Jedná se nejčastěji o klasickou, transparentní lepicí pásku. V některých případech je nutné před samotnou analýzou **zúžit distribuci částic vzorku**. Nejčastěji se jedná o **mletí** na konvenčním vibračním mlýnku, případně kryogenní mletí vzorku (Obrázek 6).



Obrázek 6 - Vzorek organického pigmentu připraven k analýze ve formě tablet nebo pásky

Nejdůležitější bod analýzy, ať už se jedná o vzorky v jakémkoli skupenství, je hned ten první – **odběr a zajištění reprezentativního vzorku pro analýzu**. V případě nereprezentativního odběru dochází ke zkreslení výsledků a tím pádem i k nepřesné či vyloženě zavádějící interpretaci získaných dat. Je vhodné a často žádoucí, aby odběr vzorku prováděl analytik, který bude následně provádět i analýzu vzorku. V řadě případů to není možné a proto je nutné tento proces provádět co nejpečlivěji a řídit se zavedenými a osvědčenými postupy.

Reprezentativní či průměrný vzorek je obvyklé připravit k analýze tzv. **kvartací**, kdy je pevný vzorek namlet na **hrubé kusy, následně rozetřen a po té rozdělen na čtvrtiny**. Dvě protilehlé jsou vždy odstraněny a zbylé dvě znovu homogenizovány a následně opět rozděleny na čtvrtiny. Postup je opakován, dokud nedostaneme **požadované množství vzorku k analýze**. Tento postup je využíván především v případě, kdy následuje rozklad vzorku a jeho převod do roztoku. Taktéž v případě, kdy je **homogenita vzorku velmi nízká**. (Bartoš, 2004)

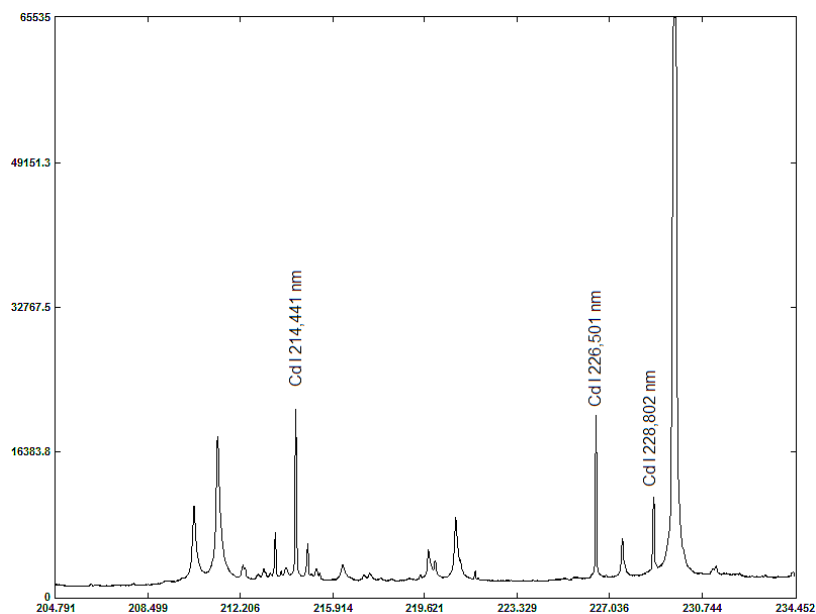
2.5.1 Kvalitativní analýza

Porovnáním změřeného spektra se spektry z analytické knihovny, která je zpravidla dostupná v softwaru LIBS je možné určit daný prvek. V případě, že se čáry překrývají, je možné ke správnému výsledku dojít i analýzou jiných vlastností stanovovaného prvku.

2.5.2 Kvantitativní analýza

Kvantitativní analýza je obecně problematičtější než kvalitativní. Před analýzou je třeba provést kalibraci, kdy jsou proměřeny standardy s vhodně zvolenými rozsahy koncentrací. Příprava standardů pro kalibraci nemusí být vždy jednoduchá. Problémem je především vliv matrice při analýze. Tento vliv se může uplatňovat v souvislosti s fyzikálními i chemickými vlastnostmi vzorku. Jak již bylo zmíněno, tyto vlastnosti ovlivňují schopnost ablatovat materiál i vznik samotného plazmatu. Důsledkem tohoto jevu je zkreslení měřené koncentrace, která neodpovídá skutečnému obsahu prvku ve vzorku.

Další zkreslení výsledků může být způsobeno vlivem samoabsorpce, kdy emise z teplejší oblasti je absorbována chladnějšími atomy, které jsou v okolí jádra vznikajícího plazmatu. Tento jev se uplatňuje při využití laserového paprsku s energií vyšší, než je 150 mJ (tzv. přebuzení). Vliv na analýzu může mít i zvolená instrumentace. V případě, že detektor či spektrometr nejsou optimálně nastaveny, mohou se objevit tzv. spektrální interference. Tyto interference vznikají překryvem spektrálních čar. Atomární čáry mohou být navíc ovlivněny přítomností molekulových čar či zvýšeným pozadím. Specifickou intenzitu čáry daného prvku je možné získat odečtením pozadí na její pravé i levé straně. Ukázkové emisní spektrum je uvedeno na obrázku 7 – spektrum získané v rámci analýzy potních výluhů s cílem stanovení obsahu kadmia. (Zvolská, 2017)



Obrázek 7 - Spektrum nasnímané pro vzorky potních výluhů problematických šperků

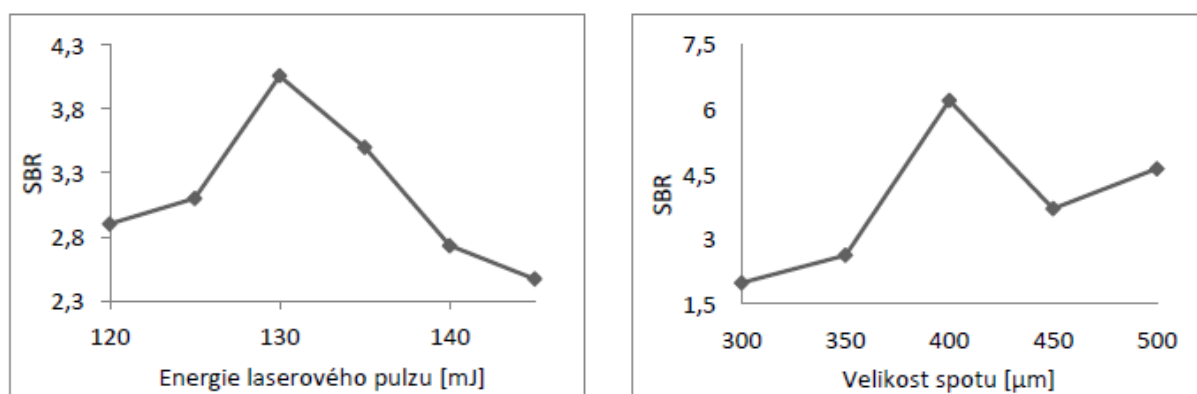
2.5.3 Kalibrace

Pro správnou kvantitativní analýzu je rovněž nezbytná kalibrace přístroje. Na základě provedené kalibrace je možné naměřené intenzitě signálu u neznámého, analyzovaného vzorku, přiřadit hodnotu, jež vyjádří koncentraci, obsah analyzované složky. Kalibrace se provádí pomocí kalibračních standardů, u nichž je deklarován přesný obsah analytu a zároveň je definována matrice těchto materiálů, jenž má na výsledek analýzy taktéž značný vliv. Kalibrace spektrometru se provádí vždy až po optimalizaci experimentálních podmínek.

2.6 Optimalizace podmínek

V případě, že už víme, jaký typ vzorku budeme analyzovat a konkrétně které prvky nás zajímají, je nezbytně nutné přistoupit k optimalizaci experimentálních podmínek. To jsou podmínky, které přímo ovlivňují výsledek analýzy. V případě LIBS spektrometrie se jedná o optimalizaci následujících parametrů – šířka vstupní štěrbině spektrometru, energie laserového pulzu, šířky analytického bodu, počtu laserových pulzů, doby zpoždění snímání spektra a popřípadě i objemový průtok plynu ablační komorou. Proces optimalizace je definován jako postup, který vede k vyšší efektivitě. Je to proces výběru nejlepší varianty z množství možných jevů. V případě LIBS spektrometrie je jako nejlepší varianta vnímána ta, která poskytne co nejvyšší signál analytu ve spektru v poměru k pozadí. Každý jednotlivý parametr je nutné optimalizovat v určité oblasti hodnot, která je dána hardwarovým

nastavením přístroje. Na níže uvedeném obrázku, můžete vidět, jak může vypadat optimalizace dvou vybraných parametrů – energie laserového pulzu a šířka analytického bodu. Vzorek je vložen do ablační komory při nějakém počátečním nastavení podmínek analýzy, tyto podmínky často vychází ze znalostí a zkušeností analytika, který přístroj obsluhuje. A postupně se optimalizuje jeden parametr po druhém, sestupně, podle jejich stupně důležitosti na výsledek analýzy. Po optimalizaci jednoho parametru je optimální hodnota nastavena napevno a dále je optimalizován další parametr. Po optimalizaci všech parametrů jsou ty, které byly vyhodnoceny jako nejlepší, pevně nastaveny a může se přistoupit ke kalibraci přístroje a následně k samotné analýze neznámého vzorku. Na obrázku 8 je uveden ilustrační optimalizační graf. (Zvolská, 2013; 2017)



Obrázek 8 – příklad hodnocení optimálního nastavení parametru „energie laserového pulsu“ a „velikost analytického spotu“

2.6.1 Shrnutí:

Úprava vzorku má na výsledek analýzy velký vliv, nevhodná úprava vzorku může vést k nesmyslným výsledkům, které i přesto, že budou interpretovány správným postupem, mohou analytického chemika zmást a celou analýzu zhatit. Právě proto je v rámci celé analytické chemie příprava vzorků k analýze považována za stěžejní bod v rámci celé laboratorní činnosti. Dalším podstatným bodem je optimalizace experimentálních podmínek. Až na základě správné optimalizace je možné přístroj kalibrovat a následně analyzovat neznámý vzorek, ať už s cílem kvalitativní či kvantitativní analýzy. "

Opakovací část ~ Otázky ~ Samostatná práce

1. Čím vším jsou ovlivněny výsledky kvantitativní analýzy?
2. Vysvětlete pojem kvartace.
3. Zamyslete se nad možnostmi využití LIBS spektrometrie k analýze kapalných vzorků. Jak by podle Vás analýza probíhala a na co by si analytik musel dát pozor? Je možnost kapalných vzorků převést do pevné formy bez ovlivnění jeho chemického složení?

Doplňující zdroj informací k probíranému tématu:

ZVOLSKÁ, M. Analýza vzorků ve formě tenké vrstvy pomocí LIBS spektrometrie, 2017, Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, Ústav environmentálního a chemického inženýrství, Disertační práce.

ZVOLSKÁ, M. Stanovení fluoru v pevných vzorcích pomocí spektrometrie laserem buzeného mikroplazmatu (LIBS), 2013, Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, Ústav environmentálního a chemického inženýrství, Diplomová práce.

BARTOŠ, Martin a kol. Analytická chemie I. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. ISBN 80-7194-723-7.

2. 7 Návod laboratorní úlohy

Stanovení Fe ve vzorcích zeolitů pomocí spektroskopie laserem buzeného mikroplazmatu (LIBS)

Analýza vzorků životního prostředí je ovlivněna a do určité míry i vyvolána požadavky na ochranu zdraví člověka a životního prostředí, které se odrazily v legislativních limitech, i potřebami navazujících environmentálních, toxikologických a technologických oborů. Oblast analýzy vzorků životního prostředí se týká pestré škály vzorků všech skupenství, většinou nehomogenní povahy, leckdy velmi rezistentních nebo naopak chemicky a biologicky nestabilních, často i vzorků malých rozměrů. Netradiční analytická řešení mohou plynout z konkrétních případů, kdy je výhodné z přepravních či jiných důvodů převést kapalnou vzorek velkého objemu a hmotnosti či malé trvanlivosti na dlouhodobě stabilní nízko-objemový pevný vzorek např. při geologickém či ekotoxikologickém výzkumu v nepřístupných oblastech.

Výběr vhodné analytické metody a pracovního postupu pro analýzu vzorků životního prostředí musí zohledňovat fyzikální a chemickou povahu vzorku (komplexní, nehomogenní matrice, extrémně nízké koncentrace sledovaných analytů, množství,

trvanlivost) i charakter požadované analytické informace (např. chemické formy prvků, velký počet vzorků pro účely monitorovacích studií). Detekční schopnosti zvoleného postupu musí být v souladu s požadavky zadavatele či plynoucími z legislativy. Pro účely elementární stopové analýzy je k dispozici široká škála instrumentálních metod se svými specifickými výhodami i nevýhodami. Ve většině analytických laboratoří je stopová prvková analýza prováděna pomocí metod atomové spektrometrie. Výrobci nabízí obvykle techniku založenou na zpracování kapalných vzorků. Na trhu jsou ovšem k dispozici i techniky, které umožňují přímou analýzu pevných vzorků. Jedná se o oblast rentgenfluorescenční spektrometrie či optickou emisní spektrometrii s jiskrovým nebo obloukovým buzením. Tyto techniky byly intenzívně rozvíjeny v 50. - 70. letech 20. století. V současnosti jsou doménou jejich použití průmyslové, provozní aplikace, kdy se využívá možnosti přímo analyzovat pevné vzorky bez rozpouštění, což přispívá k rychlosti analýzy. Výhodou je i nedestruktivnost (vzorek není analýzou znehodnocen), proto je s úspěchem využívána i při analýze cenných historických objektů či pro forenzní účely.

Zeolity jsou mikroporézní krystalické hydratované alumosilikáty alkalických kovů a kovů alkalických zemin se zesíťovanou otevřenou strukturou, která vzniká propojením jednotlivých vrcholů tetraedrů MO_4 ($M = Si, Al$). Tyto tetraedry vytvářejí tzv. sekundární stavební jednotky, což jsou cykly nebo polyedry, ze kterých se dá celá struktura daného zeolitu vystavět. Do struktury zeolitů je možno i cíleně zabudovat mnoho různých prvků jako např. Si, Mg, Fe, Ti, Co, Zn, Mn, Ga, Ge, Be, As a B. Prostorové uspořádání atomů s kanálky a dutinami konstantních rozměrů umožňuje využívat zeolity pro záchyt látek tuhého, kapalného a plynného skupenství. Fyzikálně-chemické vlastnosti zeolitu vyplývají z jeho alumosilikátové kostrovité struktury, která umožňuje dehydrataci, výměnu iontů a absorpci molekul různé velikosti, aniž by došlo k jejich narušení. To umožňuje používat zeolit jako sorbent, molekulární síto i katalyzátor. Z pohledu analytického jsou zeolity velmi chemicky rezistentní látky, které značně odolávají klasickému rozkladu na mokré cestě, proto je pro analýzu jejich složení výhodné využít právě výše zmíněnou XRF spektrometrii.

Úkol

- Připravte dle návodu vzorky zeolitů k analýze na LIBS spektrometru
- Proměřte kalibrační řadu připravených standardů
- Proměřte neznámé vzorky a vyhodnoťte obsah Fe

Princip metody LIBS

Spektroskopie laserem buzeného mikroplazmatu (z anglického Laser-Induced Breakdown Spectroscopy - LIBS) je moderní instrumentální analytická metoda vhodná pro kvalitativní i kvantitativní analýzu vzorků všech skupenství. LIBS patří mezi techniky využívající princip atomové emisní spektrometrie. Z laserového zdroje je veden laserový paprsek, který je pomocí optických prvků, jako jsou hranoly a čočky, fokusován na povrch vzorku umístěného v ablační komoře. Při interakci laserového paprsku s povrchem vzorku dochází k ablaci materiálu vzorku. Po ablaci dochází k buzení plazmatu, k excitaci a deexcitaci atomů a iontů jednotlivých prvků a následně k emisi snímaného záření. Vlnová délka tohoto záření je charakteristická pro každý prvek. Intenzita sledované čáry odpovídá koncentraci sledovaného prvku. Vyhodnocení stanovení se provádí v softwaru přístroje.

Přístrojová technika

1. LIBS spektrometr LEA S-500
2. Hydraulický lis pro přípravu tablet
3. Laboratorní váhy

Materiálové vybavení

Vzorky zeolitů, H_3BO_3 , lepicí páska, třecí miska, lžička, špachtle, nůžky, štětec.

Pracovní postup

1. Zapnutí LIBS spektrometru bude provedeno laboratorním dozorem před začátkem úlohy.
2. Analyzovány budou vzorky zeolitů, připravené do dvou forem – v tenké vrstvě na pásce a ve formě tablet. Pro analýzu zeolitů ve formě tenké vrstvy budou připraveny podklady z lepicí pásky v rozměru cca 2x3 cm. Na pásku bude nanesen lžičkou předem připravený vzorek, který bude rozetřen po celé ploše. Neuchycený vzorek se odstraní štětečkem. Tímto způsobem bude připravena kalibrační řada i reálné vzorky zeolitů.
3. Příprava tablet bude následující – na vahách bude naváženo přesně kolem 0,5 g H_3BO_3 , 0,06 g matrice a 0,09 g vzorku zeolitu. Tato směs bude homogenizována v achátové třecí misce, následně bude lžičkou nadávkována do lisovací hlavice. Tato hlavice se umístí do hydraulického lisu, pomocí páky bude nastaven tlak 4 torr po dobu 1,5 minut, následně 7 torr po dobu 1,5 minut a 10 torr opět 1,5 minuty. Následně bude tableta opatrně vyjmuta a analyzována na LIBS spektrometru.

4. Spektrometr bude připraven k analýze pod dohledem pracovníka laboratoře. Po nastavení optimalizovaných podmínek a po zahrnutí laseru bude proměřena kalibrační řada a reálné vzorky připravené ve formě tenké vrstvy na pásce.
5. Následně, po upravení podmínek měření, budou analyzovány vzorky ve formě tablet.
6. Vyhodnocení bude provedeno pod vedením pracovníka laboratoře v softwaru přístroje.

Pracovní podmínky LIBS spektrometru

Parametr	Pásky	Tablety
Energie laseru [J]	21	27
Šířka spotu [μm]	400	
Delay [μs]	180-187	
Vlnová délka [nm]	370	
Slit [μm]	12	

Vyhodnocení

Pro vyhodnocení naměřených kalibračních řad a reálných vzorků bude využit přístrojový software Attila. Po vhodné úpravě naměřených spekter budou data převedena do Excelu, kde budou zkonstruovány kalibrační křivky a následně proveden výpočet koncentrace Fe v reálných vzorcích.

Po ukončení úlohy bude vypracován protokol, který bude odevzdáván po skončení bloku laboratoří. Protokol bude vypracován standardně tak, aby bylo možné podle něj úlohu zopakovat. Diskutujte oba postupy přípravy vzorků k analýze a výsledky stanovení Fe v reálných vzorcích. V protokolu také uveďte kalibrační křivky pro oba typy vzorků. V protokolu uveďte příklad výpočtu koncentrace Fe v reálných vzorcích. Do tabulky uveďte přesné navážky jednotlivých komponent k přípravě tablet i váhu takto připravených tablet, dále pak naměřené intenzity a vypočítané koncentrace Fe pro reálné vzorky v tabletách i v tenké vrstvě na pásce.

Vypracování protokolu

Při zpracování protokolu berte v úvahu to, že je to odborný text a úpravou se snažte dodržet stejné zásady jako např. při zpracování bakalářské práce. Práci by mělo být podle vašeho protokolu možné zreprodukovat. Protokol čleňte do následujících částí:

1. cíl práce,
2. stručný princip metody (neopisovat návod)

3. přístrojové vybavení, chemikálie, sady kalibračních standardů, postupy,
4. výsledky - do této části uveďte:
 - rovnice kalibračních závislostí pro jednotlivé úpravy vzorků
 - grafické znázornění kalibračních závislostí pro 3 typy přípravy vzorků
 - obsah železa pro opakovaná stanovení v jednotlivých typech vzorků. Obsahy železa ve vzorcích uvádějte na 3 platné cifry.
 - spočítejte střední hodnotu, směrodatnou odchylku a intervalový odhad
 Při vyhodnocení výsledků dodržujte statistické zásady uvedené v příloze tohoto návodu.
5. Závěr.

2.7.1 Příloha - Základní statistické hodnocení analytických výsledků

1. Opakování analýzy téhož vzorku

n počet opakovaných analýz

x_i (x_1 až x_n) výsledek i -tého měření

2. Vyloučení odlehlých výsledků

$x_1 < x_2 < x_3 < \dots < x_{n-1} < x_n$

Deanův-Dixonův test odlehlosti – kritérium Q

R Rozpětí; $R = x_{max} - x_{min} (= x_n - x_1)$

$Q_1; Q_n$ $Q_1 = \frac{x_2 - x_1}{R}$; $Q_n = \frac{x_n - x_{n-1}}{R}$ → porovnání Q_1 a Q_n s tabelovanou
Hodnotou Q_k

$Q_1 > Q_k$; $Q_n > Q_k$ x_1 ; x_n jsou odlehlé, pro další vyhodnocení vyloučit

3. Určení střední hodnoty x

pro $n < 7$ Střední hodnotou je medián, \tilde{x}

pro $n > 7$ Střední hodnotou je aritmetický průměr, \bar{x}

4. Odhad směrodatné odchylky s

pro $n < 7$ $s = k_n R$; k_n – tabelovaný koeficient pro daný počet n

$$\text{pro } n > 7 \quad s = \sqrt{\frac{\sum(\bar{x} - x_i)^2}{n-1}}$$

5. Variační koeficient (Relativní směrodatná odchylka v %)

pro $n < 7$ $s_r = 100s/\tilde{x}$

pro $n > 7$ $s_r = 100s/\bar{x}$

6. Interval spolehlivosti

pro $n < 7$ $L_{1,2} = K_n R$; K_n – tabelovaný koeficient pro daný počet n ,

R – rozpětí

pro $n > 7$ $L_{1,2} = t s / \sqrt{n}$; t – tabelovaný koeficient

7. Vyjádření výsledků: výsledek musí být doplněn o počet paralelních stanovení, n

pro $n < 7$ $\tilde{x} \pm L_{1,2} (s_r = xy \%)$

pro $n > 7$ $\bar{x} \pm L_{1,2} (s_r = xy \%)$

3 Didaktický rozbor navrhovaného učebního textu

3.1 Střední průmyslová škola chemická Pardubice

Střední průmyslová škola chemická Pardubice (SPŠCH) umožňuje studium v rámci 8 různých studijních oborů, jenž náleží do 3 školních vzdělávacích programů (studijní obory zakončené maturitou, učební obory s výučním listem a nástavbové studium s maturitou). SPŠCH byla založena v roce 1946 v Pardubicích. V létě roku 2011 byla škola přesunuta do prostor SOŠ a SOU Poděbradská 94.

Učební obory s výučním listem (3leté denní obory) - Provozní chemik, Kadeřník.

Studijní obory zakončené maturitou (4leté denní obory) – Aplikovaná chemie, Požární ochrana, Bezpečnostně právní činnost, Kosmetické služby.

Nástavbové studium s maturitou (2leté) – Vlasová kosmetika, Bezpečnostní služby, Chemik operátor.

SPŠCH Pardubice se řadí mezi nejvýznamnější a největší poskytovatele středoškolského vzdělání v Pardubickém kraji. Škola má vysokou prestiž a mnoho studentů maturitních oborů dále pokračuje ve studiu na vysokých školách. Škola má navázanu spolupráci s Fakultou chemicko-technologickou (FCHT) Univerzity Pardubice a poskytuje svým studentům možnost praktikovat Středoškolskou odbornou činnost (SOČ) na jednotlivých katedrách a ústavech FCHT.

3.2 Komu je učební text určen

Učební text je určen studentům oboru Aplikovaná chemie [28-44-M/01] pro předmět Analytická chemie. Předmět je vyučován od prvního do čtvrtého ročníku, kdy hodinová dotace na týden jsou dvě hodiny tohoto předmětu v každém ročníku.

Učební text je určen žákům třetího ročníku a má jim poskytnout přehled o možnosti analýzy pevných vzorků bez nutnosti jejich rozkladu pomocí metody spektroskopie laserem buzeného mikroplazmatu. Získané teoretické znalosti by studenti měli uplatnit nejen v rámci výuky v laboratořích, ale i v rámci studia na vysoké škole, či následně v praktickém životě v zaměstnání.

3.3 Pojetí a cíle předmětu Analytická chemie

Předmět Analytická chemie je obecně jeden ze stěžejních předmětů středoškolského chemického vzdělávání. Tento předmět by měl studentům zprostředkovat komplexní poznatky o základních principech využívaných v oboru analytické chemie. Dále pak o metodách a technikách využívaných v této oblasti. Znalosti získané v rámci tohoto předmětu by měly být základním stavebním kamenem pro další studium chemie, neboť bez analytiky by jen těžko fungovaly další chemické odvětví, ať už jde o základní obory studia jako je anorganická, či organická chemie, popřípadě specializované disciplíny. Student by po absolvování tohoto předmětu měl být schopen uplatnit své znalosti v širokém spektru chemických odvětví, ať v laboratořích, či v průmyslové praxi.

Cílem předmětu je především studenta naučit logicky přemýšlet a pracovat s návaznostmi. Předmět analytická chemie by měl poskytnout základní poznatky nezbytné k dobrému zvládnutí laboratorní práce a měl by studenta připravit na studium dalších chemických oborů, měl by ho vést a motivovat k upevňování vztahu k vědě, ale např. i k ochraně životního prostředí a ke kritickému myšlení.

3.4 Charakteristika učiva

Samotný obsah předmětu Analytická chemie vychází z rámcového vzdělávacího programu, ze společného odborného obsahového okruhu chemie a z profilujícího obsahového okruhu analytická chemie. Probírané učivo je v rámci tohoto předmětu rozděleno na základní okruhy, které spolu vzájemně úzce souvisí, doplňují se a propojují. Jedná se především o kvalitativní analýzu, kvantitativní analýzu, o klasické a instrumentální techniky analýzy a přípravu vzorků k analýze, jenž je jednou z nejdůležitějších činností v profesním životě analytického chemika. Jak již bylo zmíněno výše – analytická chemie je vědní obor, ve kterém se propojují poznatky z ostatních chemických vědních oborů, např. organická a anorganická chemie a technologie, či fyzikální chemie. Pro analytického chemika je pak nesmírně důležité mít osvojené postupy správné laboratorní praxe a základní matematické operace. Tyto důležité body by si měl student v rámci předmětu analytická chemie osvojit a následně umět použít.

3.5 Strategie výuky

Výuka je interaktivní proces, souhrn několika faktorů, jako jsou vyučovací schopnosti učitele a momentální učební procesy studentů či žáků. Výukové strategie jsou myšleny jako plánované záměry a postupy učitele, jenž předcházejí použitým výukovým metodám. V případě výuky Analytické chemie je třeba vzít v potaz, že tento předmět disponuje jak teoretickou tak i praktickou částí. Strategie výuky by měla být promyšlena a ucelena tak, aby dovedla studenta do cíle. Výuka by měla být organizována s jasnou linií, která se týká jak uspořádání vyučovacího procesu, tak organizované činnosti žáků během výuky. Tradiční vyučovací hodina by měla obsahovat výklad nového učiva vyučujícím, motivaci studentů, vysvětlení, zakořenění nových poznatků, shrnutí, a pokud je to možné, tak i závěr. Formálně specifická hodina je např. výuka v laboratořích, práce na pozemcích apod. V tomto případě by se tedy jednalo o výuku laboratoří.

V teoretické části předmětu by měl být zahrnut výklad problematiky, zaměření na specifické výpočty k jednotlivých typickým úlohám, čímž se student připraví na praktické ukázky v rámci výuky laboratoří. V teoretické hodině je možné výrazné zapojení jednotlivých studentů – např. formou referátů, vysvětlení určité problematiky spolužákům apod. Součástí jistě musí být i zkoušení (jak písemné, tak ústní) či samostatné práce.

V rámci výuky laboratoří by studenti měli dostat prostor k ověření teoreticky osvojených poznatků, se kterými byli seznámeni ve vyučovacích hodinách. Na základě laboratorního návodu, by měli být schopni zreprodukovat zadané úlohy. V rámci laboratoří může probíhat jak frontální, tak skupinová i individualizovaná výuka.

Učitel by měl mít způsob vedení výuky promyšlený, v každé třídě, v každém ročníku a možná i v každou denní dobu je nutné i ke stejnému předmětu přistupovat k formě výkladu specificky. Měly by být stanoveny cíle výuky, kterých má student dosáhnout. Důležitým faktorem je i klima ve škole a ve třídě. Při sestavování strategie vyučování je možné přistoupit k několika postupům – **deduktivní výuka** – jasný cíl a účel a výuku jednoznačně řídí učitel. **Induktivní výuka** – vedení hodiny není jednoznačně vloženo na bedra vyučujícího, ale funguje na základě „objevování“ – je stanoven problém – snažíme se přemýšlet nad tím, jak ho vyřešit, stanovit teorii a její ověření v různých situacích. A poslední je **autentické učení** – učení něčemu, ne o něčem, jenž je založené na bádání a zkoumání. (Machainová, 2010; Kašparová, 2011)

3.6 Didaktická analýza navrhovaného textu

Navržený učební text je koncipován pro předmět Analytická chemie. Tento předmět je základním stavebním kamenem znalostí a dovedností pro práci v laboratoři a pochopení vazeb a postupů v chemických laboratořích. Navržený text je členěn do logických bloků, které na sebe navazují a doplňují se. V případě studia tohoto textu se předpokládá dostatečná znalost z předchozích ročníků, která pomůže studentům učivo jednodušeji pochopit. Na konci každého bloku jsou uvedeny kontrolní otázky či návody k domácí přípravě. Zodpovězením těchto otázek by si měl být student schopen sám ověřit, že prostudované látky rozumí, popřípadě si poznatky zafixovat.

Na závěr učebního textu jsou uvedeny zdroje, ze kterých je text čerpán. Je dostupný i studentům, aby v případě potřeby mohli problém prostudovat hlouběji. V textu jsou též uvedeny obrázky a schémata, která zjednodušují pochopení jednotlivých úseků.

3.7 Motivace

Slovo motivace vychází z latinského „motus“, jenž znamená pohyb. Motivaci by tedy bylo možné chápat jako jakousi „hybnou sílu“ našeho chování, jako pohnutku, která nás podněcuje k nějakému jednání. Motivace je proces zahájení a následné regulace činnosti, jejíž cílem je dosáhnout nějakého cíle, rovnováhy, jenž je často doprovázen pocitem uspokojení.

Motivace může být jak vnitřní (výsledek potřeb a zájmů člověka), tak vnější (působení vnějších podnětů) faktor, který nás pohání k větším, lepším výkonům. Motivace usměrňuje naše chování, aby bylo dosaženo vytyčeného cíle. Motivace zahrnuje soubor různých pocitů či skutečností, jako je např. radost či zvědavost.

Motiv, tedy osobní příčina našeho chování, to je to, co nás pohání dopředu. Základní forma motivu je definována jako potřeba. Může se jednat o potřeby biologické (např. dýchání), tak sociální (např. vzdělání). Dalším motivem může být pud, zájem, ambice, cíl, ideál ale třeba i zvyk. Motivovaný člověk je obvykle i výkonnější a lépe se soustředí na vytyčený cíl.

Motivování je činnost jednoho či více lidí vyvolat motivaci u jiného člověka či skupiny. Tento proces je nedílnou součástí řízení a vedení a vychází z toho, že člověk, pokud nemá motivaci, nechce zcela přirozeně pracovat.

V zásadě nás motivují dvě věci – odměna a strach, čili pozitivní a negativní motivace. Oba typy motivace jsou rovnocenné a přirozené. Strach je zkrátka přirozený faktor, který pomáhá lidem přežít po tisíciletí. Je ovšem otázkou, jaký typ motivace využít v případě konkrétního člověka, v konkrétní situaci. Ne na všechny platí to samé, ale to se dá zobecnit na všechny procesy v probíhající nejen v lidské společnosti.

Důležitější než vnější motivace, je ovšem naše motivace vnitřní, sebemotivace. Víím, kam chci jít, kam se chci směřovat a tím se řídím. Je třeba vnímat i dílčí úspěchy, které se podaří zvládnout po cestě za cílem. Dalším důležitým faktorem, či uměním, je udržet si motivaci stále na určité hladině. Je chyba, aby po okamžitém nadchnutí a počátečních nezdarech naše motivace spadla zpět na bod nula a začínali jsme od znova. I tím si zvyšujeme sebevědomí. Je třeba se zkrátka zaměřit na naši konkrétní vidinu a držet se jí. Pokud něčemu opravdu věříme, je to ta nejlepší motivace, jakou můžeme mít.

V zásadě si myslím, že platí, že v okamžiku, kdy něčemu já opravdu uvěřím a půjdu si za tím, v ten okamžik to začne vnímat i moje okolí a lidé, kteří při mně stojí, mě začnou podporovat v mém snu, či rozhodnutí. A to je ta již zmiňovaná motivace.

Vše výše popsané se dá dokonale použít nejen na osobní život či rozvoj, zaměstnání ale myslím si, že i na školní docházku. Myslím si, že děti jsou od mala sami vnitřně motivovány dozvídat se nové a nové informace, poznávat svět okolo sebe a rodiče, popřípadě učitelé by měli být ti, kteří jim budou poskytovat vnější motivaci k dalšímu učení. Budou je podporovat v učení, v jejich zájmech, naučí je pracovat s informačními zdroji a podobně.

Je nejspíš pravda, že tento stav je neudržitelný, v určitém věku, ať už před ukončením základní školy, nebo na střední škole, se u studentů a žáků může objevit odmítavý postoj ke studiu, ke škole, k učitelům. Možná i proto, že tento projev rebelie, či odmítání, je oceňován u spolužáků, což opět může být motivačním prvkem v pokračování v tomto chování.

Opačné chování může (ale také nemusí) vyvolat docházka do kroužku, sdružování se v určitých uskupeních, která mají pro daného studenta pozitivní vliv, protože se zabývají věcmi, které ho baví. Velkým pozitivem určitě je, pokud studenta baví nějaký konkrétní předmět ve škole, na který se těší, ve kterém vyniká. To ho může motivovat k tomu být lepší i v dalších předmětech. (Plamínek, 2007; Švancara, 2003; Malátek, 2005)

4 Závěr

Ve své závěrečné práci odevzdávané v rámci Doplňkového pedagogického studia jsem se zaměřila na návrh učebního textu do předmětu analytická chemie, jenž je běžnou součástí středoškolských osnov chemických průmyslových škol. Konkrétně se jednalo o návrh kapitoly zaměřené na metodu spektroskopie laserem buzeného mikroplazmatu (LIBS). Jako cíl jsem si dala vytvořit text, který by mohl studentům pomoci při pochopení postupů využívaných v instrumentální analytické chemii nejen při studiu na střední škole, ale i v rámci studia na VŠ.

První teoretická část práce byla zaměřena na obecný rozbor pojmu učebnice. V této části práce jsem se věnovala především definici učebnice, popsání funkce učebnice, strukturních komponent učebnice, jejich obsahu a učení z nich.

Druhá část práce byla věnována návrhu učebního textu, jenž byl zaměřen na popis metody LIBS. Úvod této části je věnován vysvětlení základních pojmů, jenž jsou spojeny s analytickou chemií, následně je popsán princip LIBS spektrometrie, konstrukční prvky LIBS spektrometru a popis přípravy vzorků k analýze. Součástí této části práce je i návod na laboratorní úlohu, kterou si student vyzkouší v rámci výuky laboratoří analytické chemie.

Poslední část mé závěrečné práce obsahuje didaktický rozbor, zaměřený na představení Střední průmyslové školy chemické, pro kterou je tato kapitola určena, učebním osnovám a analýze navrhovaného textu.

Použitá literatura

BARTOŠ, Martin. Analytická chemie I. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. ISBN 80-7194-723-7.

ČERNOHORSKÝ, Tomáš a Pavel JANDERA. Atomová spektroskopie. Pardubice: Univerzita Pardubice, 1997. ISBN 80-7194-114-X.

HNILICA, K. Kognitivní a metakognitivní strategie autoregulovaného učení. PEDAGOGIKA, ČASOPIS PRO VĚDY O VZDĚLÁVÁNÍ A VÝCHOVĚ, XLII, 1992, č. 4

KALHOUS, Z., O. OBST. Školní didaktika. Praha: Portál, 2002. ISBN 80-7178-253-X.

KAŠPAROVÁ, J., Výukové strategie v praxi pilotních odborných škol, Národní ústav pro vzdělávání, školské poradenské zařízení a zařízení pro další vzdělávání pedagogických pracovníků, Praha 2011, ISBN 978-80-87063-42-2.

MACHAINOVÁ, I. Metody výuky a přístupy k žákům na základní škole, 2010, Masarykova Univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra pedagogiky, Diplomová práce.

MALÁTEK, V. Sociálně-psychologické aspekty motivace a rozvoje pracovníka, Acta academica karviniensia, ISSN 2533-7610 (Online), str. 124 – 135.

MICHOVSKÝ, V. Klasická učebnice nového typu – Soudobý model učebnice. In: Tvorba učebnic 2, Praha: SPN, 1980.

PLAMÍNEK, J. Tajemství motivace: jak zařídit, aby pro vás lidé rádi pracovali. Grada Publishing as, 2007. ISBN 978-80-247-1991-7.

PRŮCHA, J. Moderní pedagogika. 2., Praha: Portál, 2002. ISBN 80-7178-631-4.

PRŮCHA, J. Učebnice: teorie a analýzy edukačního média: příručka pro studenty, učitele, autory učebnic a výzkumné pracovníky. Brno: Paido, 1998. ISBN 80-85931-49-4.

Reichl, J. Encyklopedie fyziky, kvantová fyzika, dostupné z:
<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/747-fotonasobic>

SKALKOVÁ, J. Obecná didaktika. Praha: ISV, 1999. ISBN 80-85866-33-1.

SIKOROVÁ, Z. Obrana učebnic. Pedagogická orientace 2001, č. 1. s. 29-35. ISSN 1211-4669

ŠVANCARA, J. Emoce, motivace, volní procesy, Masarykova Univerzita, Psychologický ústav filozofické fakulty, Studijní příručka k předmětu Obecná psychologie II (prožívání, jednání) 2003, ISBN: 80-86633-11-X.

VEVERKOVÁ, H.; Učivo. v: Z. Kalhous, O. Obst a kol.: Školní didaktika. Portál Praha 2002, s. 121 – 148. ISBN 80-7178-253-X

ZVOLSKÁ, M. Analýza vzorků ve formě tenké vrstvy pomocí LIBS spektrometrie, 2017, Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, Ústav environmentálního a chemického inženýrství, Disertační práce.

ZVOLSKÁ, M. Stanovení fluoru v pevných vzorcích pomocí spektrometrie laserem buzeného mikroplazmatu (LIBS), 2013, Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, Ústav environmentálního a chemického inženýrství, Diplomová práce.