

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra učitelství a didaktiky chemie**



**ANALYTICKÁ CHEMIE NA GYMNÁZIU**

**ANALYTICAL CHEMISTRY IN SECONDARY  
GRAMMAR SCHOOL**

**DISERTAČNÍ PRÁCE**

**Praha 2011**

**Mgr. Danuše Součková**

**Školitel: Doc. RNDr. Ivan Jelínek, CSc.**

**Klíčová slova:**

Analytická chemie, chemické vzdělávání, aktivizace ve výuce chemie, rámcové vzdělávací programy, klíčové kompetence, školní chemické experimenty.

Prohlašuji, že jsem svou disertační práci ani žádnou její podstatnou část nepředložila k získání jiného či stejného akademického titulu.

Prohlašuji, že jsem svou disertační práci vypracovala samostatně a výhradně s použitím citované literatury.

Souhlasím se zapůjčením své disertační práce ke studijním účelům.

V Praze 20. dubna 2011

Mgr. Danuše Součková

Děkuji všem, kdo se mnou prožívali období vypracovávání mé disertační práce s porozuměním a shovívavostí. Zejména děkuji svému školiteli doc. RNDr. Ivanu Jelínkovi, CSc. za cenné rady, čas a zájem, který mi věnoval, za projevenou ochotu a trpělivost, se kterou mne vedl k cíli. Děkuji také pracovníkům Katedry učitelství a didaktiky chemie za cenné podněty a rady.

Nemalý dík patří také všem kolegům a řadě učitelů z praxe, kteří se mnou na dané téma diskutovali, podporovali mé myšlenky a ověřovali mé nápady.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala také svým studentům, díky kterým jsem si mohla přímo v praxi ověřit moderní vzdělávací metody a realizovat chemické experimenty v rámci praktických cvičení z chemie.

# OBSAH

	SEZNAM ZKRATEK	6
<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	7
<b>2</b>	<b>CÍLE PRÁCE</b> .....	8
<b>3</b>	<b>TEORETICKÁ VÝCHODISKA</b> .....	9
3.1	Historie výuky přírodovědných předmětů .....	9
3.2	Výuka chemie pomocí chemického experimentu .....	12
3.2.1	Charakteristika, struktura a cíl chemického pokusu .....	13
3.2.2	Funkce chemického pokusu ve výuce chemie .....	15
3.2.3	Chemický pokus jako součást poznávacích postupů a metod ve výuce .....	17
3.2.3.1	Poznávací postupy a jejich využití ve výuce analytické chemie .....	17
3.2.3.2	Vyučovací metody a jejich využití v analytické chemii .....	20
3.2.4	Praktická cvičení jako nástroj k rozvíjení a naplňování kompetencí .....	21
	personálních a sociálních .....	21
3.2.5	Realizace chemických pokusů ve výuce analytické chemie.....	23
3.2.6	Organizace práce v laboratorním cvičení .....	24
3.2.7	Vybavení školní laboratoře .....	25
3.2.8	Bezpečnost práce ve školní laboratoři .....	26
3.3	Výuka chemie pomocí školního vzdělávacího projektu .....	28
<b>4</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	33
4.1	Charakteristika vyučovacího předmětu chemie na gymnáziu .....	33
4.2	Výuka analytické chemie na gymnáziu-dostupné učebnice a materiály.....	36
4.3	Praktická cvičení z analytické chemie na gymnáziu.....	41
4.4	Zařazení průřezových témat do výuky chemie .....	44
4.4.1	Environmentální výchova a výchova k trvale udržitelnému.....	44
	rozvoji ve škole .....	44
4.4.2	Mediální výchova.....	48
4.4.3	Osobnostní a sociální výchova, Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech, Multikulturní výchova .....	50
4.5	Experimentální část - význam a úkoly analytické chemie jako východisko pro výuku.....	50
4.5.1	Analýza vody .....	54
4.5.2	Analýza potravin .....	62
4.5.3	Analýza rostlin .....	63
4.5.4	Uplatnění chemické analýzy v zemědělství.....	64
4.5.5	Analýza polymerů .....	66
4.5.6	Analýza látek důležitých pro zdraví člověka .....	68
4.5.7	Využití mikroskopu v analytické chemii .....	71
4.5.8	Některé fyzikálně chemické metody v jednoduchém uspořádání.....	73
4.5.9	Analytická chemie kvalitativní .....	76
4.5.10	Analytická chemie kvantitativní – odměrná analýza .....	80
4.5.11	Analytická chemie kvantitativní – gravimetrie.....	87
4.6	Model pro výběr úloh pro celoroční plán laboratorních prací .....	90
4.7	Rozpracované úlohy pro laboratorní práce z analytické.....	94
	chemie a metodická doporučení pro učitele.....	94
4.7.1	Analýza vody .....	94
4.7.2	Analýza potravin .....	113
4.7.3	Analýza rostlin .....	125
4.7.4	Uplatnění chemické analýzy v zemědělství.....	167

4.7.5	Analýza polymerů .....	175
4.7.6	Analýza látek důležitých pro zdraví člověka .....	183
4.7.7	Využití mikroskopu v analytické chemii .....	205
4.7.8	Některé fyzikálně chemické metody v jednoduchém uspořádání.....	210
4.7.9	Analytická chemie kvalitativní .....	229
4.7.10	Analytická chemie kvantitativní – odměrná analýza .....	247
4.7.11	Analytická chemie kvantitativní – gravimetrie.....	264
4.8	Slovníček nejdůležitějších pojmů používaných v chemické analýze .....	269
4.9	Činidla používaná v analytické chemii .....	277
<b>5</b>	<b>DISKUSE VÝSLEDKŮ A ZÁVĚRY .....</b>	<b>279</b>
<b>6</b>	<b>SHRNUTÍ .....</b>	<b>281</b>
<b>7</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>283</b>
<b>8</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>284</b>
	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>290</b>

## SEZNAM ZKRATEK

aj.	a jiný (jiné, jiná)
alkal.	alkalický
atd.	a tak dále
BSK	biochemická spotřeba kyslíku
destil.	destilovaná
č.	číslo
ČR	Česká republika
el.	elektron
EV	Environmentální výchova
EVVO	Environmentální vzdělání, výchova a osvěta
G	gymnázium
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
konc.	koncentrovaná
kys.	kyselina
např.	například
MŠMT	Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i> = Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
OSN	Organizace spojených národů
pH	záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů, měřítko kyselosti roztoků
r.	rok
RVP	Rámcové vzdělávací programy
Sb.	sbírka
skl.	skleněná
SI	Le système internationale d'unités, mezinárodní soustava jednotek
SŠ	střední škola
str.	strana
ŠVP	Školní vzdělávací programy
tzv.	tak zvaný (zvané, zvaná)
VOŠ	vyšší odborná škola
VŠCHT	Vysoká škola chemicko technologická
ZŠ	základní škola
ŽP	životní prostředí

# 1 ÚVOD

Současná doba je charakterizována dynamickým sledem neustálých změn v životě, v práci, v podnicích, v institucích, v našem okolí. Tomu odpovídá již probíhající proces změn v systému vzdělávání v naší republice i v celé Evropě.

Novým školským zákonem č. 561/2004 Sb. vstoupily v platnost Rámcové vzdělávací programy (RVP) /Kolektiv autorů<sup>2)</sup> 2007/, /Kolektiv autorů<sup>3)</sup> 2007/, /Kolektiv autorů<sup>4)</sup> 2007/, které konkretizují požadavky vzdělávací politiky evropských zemí a představují zásadní obrat v pojetí nové kurikulární reformy v kontextu vývoje českého školství. Školám a učitelům ukládají strategii vzdělávání, která zdůrazňuje klíčové kompetence, což je soubor komplexních způsobů využitelných v životě a dalším vzdělávání, a jejich provázanost se vzdělávacím obsahem a uplatnění získaných vědomostí a dovedností v praktickém životě /Čtrnáctová a kol.2007/.

V současném školství zpravidla nestačí už jenom tradiční používání mezipředmětových vztahů, ale je třeba začít měnit obsah učiva a s ním i způsoby výuky přírodních věd jako celku. Nezbytným předpokladem pro splnění těchto cílů je uplatnění postupů a metod podporujících tvořivé myšlení, samostatnost a diferenciaci výuky a zároveň schopnost týmové a kooperativní spolupráce, využití rozličných organizačních forem práce, integrace předmětů, tedy aktivizace ve výuce a vzdělávání. Ve vyučovacím předmětu chemie na všech stupních škol tedy vystupuje do popředí otázka volby vyučovacích metod. Jedním z hlavních cílů volby vhodných metod je aktivizace žáků během hodiny chemie a zvýšení zájmu žáků o tento předmět. Ve výuce by měl být uplatňován jeden ze základních didaktických principů – princip názornosti. A ten se přímo nabízí v podobě chemického experimentu. Pokusy jsou mezi žáky velmi oblíbené a žádané, ať už provedené učitelem ve vyučovací hodině nebo samotnými žáky v průběhu laboratorních prací.

Chemický pokus může hrát různou úlohu, podle toho, co daným pokusem učitel sleduje. Jedno však mají všechny pokusy společné – zvyšují u žáků zájem o chemii a umožňují učivo lépe chápat, snadněji si ho osvojit a lépe zapamatovat.

Chemickým pokusem žáky získáváme. Ze všech žáků se určitě nestanou chemici, ale budou pracovat v oborech, kde budou rozhodovat třeba o životním prostředí, zdravém životním stylu a je nezbytně nutné, aby věděli, čím chemie může prospívat, čím škodit a uměli správně rozhodnout.

## 2 CÍLE PRÁCE

Pro svou práci jsem si vytyčila následující cíle :

- **Charakterizovat důležitost chemického experimentu** ve výuce chemie vzhledem k tomu, že i vzdělávací oblast Člověk a příroda v RVP pro gymnázia, která zahrnuje i obor chemie, je charakterizována v termínech osvojování metody vědeckého výzkumu a vědeckého myšlení při hledání zákonitostí procesů. Cíle této vzdělávací oblasti lze tedy nejpřirozeněji naplnit prostřednictvím spojení aktivního vlastního pozorování a měření při experimentální práci laboratorního charakteru s přírodovědnými poznatky a teoriemi za využívání moderních technologií v průběhu poznávací činnosti žáků.

- **Charakterizovat důležitost zařazování analytické chemie do výuky chemie**, protože analytická chemie se zabývá teorií a praktickým využíváním chemických, fyzikálních a fyzikálně chemických metod zjišťování složení látek. Vymezit místo a pojetí a význam analytické chemie ve vzdělávacím obsahu učiva chemie.

- **Ukázat možnost fungování mezipředmětových vztahů** a vazeb mezi analytickou chemií, biologií a dalšími obory jako je zemědělství, zdravotnictví aj. a zařadit průřezová témata do výuky analytické chemie vzhledem k tomu, že Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání, tak i pro čtyřletá a víceletá gymnázia, obsahuje kromě vzdělávacích oblastí členěných do vzdělávacích oborů také průřezová témata, jejichž cíle a obsah musí ŠVP naplňovat.

- **Vyhodnotit úlohu a význam testování** a dalších možných forem pro hodnocení žáků po absolvování dvouletých praktických laboratorních cvičení formou testu a anketních dotazů. Diskutovat výsledky z pohledu nabytých dovedností a kompetencí využitelných v dalším studiu a životě. Rozdělit úlohy pro práci v analytickém praktiku podle příslušnosti k jednotlivým oblastem, které žáky nejvíce zajímají.

- **Rozpracovat laboratorní úlohy** v rámci jednotlivých oblastí tak, aby je učitel mohl použít ve smyslu přenesení do výuky vhodnou formou. Úlohy budou doplněny metodickými pokyny pro učitele a laboratorními protokoly pro žáky k přímému použití.

- **Vytvořit výběrové modely úloh** použitelné pro různé typy laboratorních cvičení.



## 3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

### 3.1 Historie výuky přírodovědných předmětů

S některými poznatky z oblasti přírodních věd se žáci setkávali již na středověkých školách, ještě před vznikem škol, které bychom mohli nazvat střední školy. V oblasti chemie vládla ve středověku alchymie.

První základní a střední školy začaly být na našem území zakládány před více než 250 lety. Chemie jako samostatný předmět neexistovala, chemická problematika byla v omezeném rozsahu zahrnuta ve fyzice. Ve třicátých letech 19. století vznikly první české reálky, kde se chemie učila, avšak pouze popisně. V roce 1848 nastaly ve školství změny, vznikla osmiletá gymnázia a šestileté reálky a zvýšilo se zastoupení přírodních věd ve výuce. V roce 1869 byla uzákoněna osmiletá školní docházka a chemie byla vyučována spolu s fyzikou v jednom předmětu. Upraveno podle /Čtrnáctová 2009/.

Soustava škol v minulém století byla vytvářena podle potřeb rozvíjející se industriální společnosti. Také zařazení výuky chemie do středoškolských učebních plánů se uskutečnilo v souvislosti s rozvojem chemického průmyslu u nás. Vzhledem k potřebám praxe byla ve vyučovacím předmětu chemie vyučována hlavně chemická technologie. Byla však zavedena i nepovinná laboratorní cvičení a jako volitelný předmět analytická chemie /Dušek 2000/.

Československá republika navázala po roce 1918 na školství Rakouska - Uherska, chemie se vyučovala i na gymnáziích a také obsah se změnil velmi málo. Asi na 1/3 škol byla realizována praktická cvičení a ve školním roce 1930/31 byla na reálných gymnáziích a reálkách zavedena povinná praktická cvičení z chemie /Čtrnáctová 2009/.

V roce 1948 byl přijat Školský zákon o jednotné škole, který zrušil diferenciaci na školách I. cyklu, zavedl základní devítiletou školu a čtyřletá gymnázia. Učivo bylo ovlivněno politickým zřízením. V roce 1953 a 1960 byly vydány další zákony, které upravovaly délku studia na základních školách a středních školách. Na konci šedesátých let se opět obnovila čtyřletá gymnázia a posílila se vzdělávací funkce učiva. Upraveno podle /Čtrnáctová 2009/.

Učební osnovy a učebnice pro výuku přírodovědných předmětů byly již však v této době poněkud zastaralé, ale zvýšil se rozsah učiva obecné chemie a rozsah praktických cvičení. Na školách dochází k budování odborných učeben a chemických laboratoří.

V roce 1976 byly vypracovány nové učební osnovy a připraveny učebnice pro všechny vyučovací předměty na základních i středních školách v rámci projektu Další rozvoj československé výchovně vzdělávací soustavy. Vznikaly osmileté základní školy a čtyřletá gymnázia. Chemie byla zařazena do 7. a 8. ročníku ZŠ a 1. až 3. ročníku středních škol. Učebnice byly na základě zkušeností a praktického ověřování postupně upravovány a znovu vydávány. Nová koncepce byla pro ZŠ realizována ve školním roce 82/83 a pro SŠ v roce 1984.

Až do roku 1990 existovaly pro všechny stupně a typy škol závazné učební osnovy jednotlivých předmětů a neponechávaly příliš velký prostor pro tvořivost učitelů i žáků. Po roce 1989 byly vydány nové zákony pro všechny stupně škol. Změnilo se také pojetí škol, školy získávaly právní subjektivitu. Začaly vznikat soukromé a církevní školy. Základní školy byly devítileté a chemie byla zařazována obvykle v posledních dvou ročnících. Gymnázia byla čtyřletá a víceletá, SOŠ čtyřleté a SOU dvou až pětileté. Chemie se vyučovala v pěti až šesti ročnících víceletých gymnázií, ve třech až čtyřech

ročnících vyšších gymnázií a jednom až dvou ročnících ostatních nechemických středních škol /Čtrnáctová 2009/. V roce 1993 a poté 1994 byly vydány standardy vzdělávání a v návaznosti na ně byly vypracovány a schváleny tři vzdělávací programy pro základní školu – program Obecná a občanská škola, program Základní škola a program Národní škola.

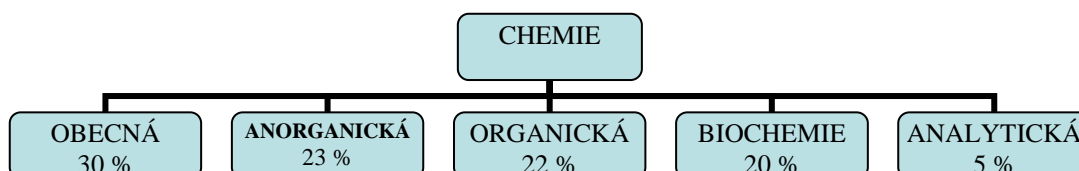
V roce 1996 byl vydán Standard vzdělávání ve čtyřletém gymnáziu a o rok později Standard středoškolského odborného vzdělávání. Všechny standardy vytyčují vzdělávací cíle, kmenové učivo a vzdělávací oblasti, které v sobě zahrnují jednotlivé vzdělávací obory – vyučovací předměty /Čtrnáctová, Čížková, Marvánová, Pisková 2007/.

Výuka chemie, jak v programu Obecné a občanské školy, Základní školy i Národní školy obsahově odpovídá Standardu základního vzdělávání. Většinou je chemie vyučována ve dvou ročnících po dvou hodinách týdně, i když jednotlivé školy mají možnost dle svého programu a zaměření větší diferenciaci učebních plánů, často i možnost integrace některých předmětů, praktických cvičení a volitelných předmětů.

V souladu s cíli Lisabonského procesu ministři členských států Evropské unie, kteří byli zodpovědní za vzdělávání, schválili v roce 2002 program Vzdělávání a odborná příprava 2010 /Vzdělávání a odborná příprava 2010/, kde mezi jednotlivými strategickými záměry se objevuje i potřeba zvýšení počtu studentů matematických, přírodovědných a technických oborů.

Začleňování závěrů Lisabonského procesu do vzdělávacího systému České republiky je usnadněno tím, že v současné době se mění struktura národního systému vzdělávání. Vznikly dokumenty – Národní program rozvoje vzdělávání, tzv. Bílá kniha /Kotásek 2001/, Dlouhodobý záměr vzdělávání a rozvoje vzdělávací soustavy České republiky /Dlouhodobý záměr 2007/ a Zákon o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání č. 561/2004 Sb., a jeho novelizace Zákon 49/2009 Sb. /Zákon 561/2004, Zákon 49/2009/. Všechny tyto dokumenty se navzájem doplňují tak, aby vedly ke změně našeho školství. V rámci těchto dokumentů byly centrálně zpracovány Rámcové vzdělávací programy, které vymezují požadavky pro jednotlivé stupně školství a jednotlivé vzdělávací obory a obsahují pravidla pro tvorbu kurikulárních dokumentů jednotlivých škol – Školních vzdělávacích programů.

Náplň výuky chemie tvořila od 50. do 70. let chemie anorganická a organická, obecná chemie byla pouze jejich doplňkem. V letech 1982 (na ZŠ) až 1984 (na SŠ) začala být základem výuky chemie obecná, která se využívala pro vysvětlení chemie anorganické i organické. V současné době školy vyučují podle svých vlastních Školních vzdělávacích programů. Podle RVP je kromě obecné chemie, anorganické a organické zařazena také biochemie a analytická chemie. Zastoupení vyjadřuje následující diagram 1.



**Diagram 1: Zastoupení chemických oborů ve výuce chemie na gymnáziu**

Analytická chemie má být zastoupena přibližně 5 %. Pokud se zamyslíme nad významem slov – analytický – analýza – analyzovat – vyjadřují přesně to, co požadujeme v každém oboru, nejen v chemii. Nejprve přesně, podrobně, pečlivě analyzovat danou situaci, vyvodit závěry a vytvořit hypotézu pro další postup. Toto se žáci potřebují naučit, toto budou v budoucnu potřebovat. A k tomu je dovede právě analytická chemie, a proto způsob myšlení a postupy, které používá v rozmanitých oborech, jsou pro žáky tak důležité.

Mezinárodní výzkum matematického a přírodovědného vzdělávání, který organizovala Mezinárodní organizace pro hodnocení výsledků vzdělávání (IEA) v roce 1996, sice v kategorii žáků 7. a 8. tříd zařadil české žáky na druhé místo v přírodovědných disciplínách, ale procento žáků, kteří nemají rádi fyziku a chemii je u nás nejvyšší ze všech zúčastněných zemí /Dušek 2000/. Obdobné zkušenosti jsou i na škole, kde učím, žáci, kteří se věnují přírodovědným předmětům mají nadprůměrné znalosti a bez problémů jsou přijati na fakulty přírodovědného typu, ale podle dotazníků, které sestavuje vedení školy, chemie a fyzika jsou považovány za velice obtížné předměty a mnohdy neoblíbené.

Výuku chemie v nižších ročnících víceletého gymnázia ve srovnání s výukou na základní škole ovlivňuje to, že v těchto třídách jsou vybraní žáci s lepšími studijními předpoklady. Motivace žáků je obvykle vyšší, což učiteli umožňuje častěji využít aktivní vyučovací metody a výuku orientovat badatelsky. Konceptně lze výuku velmi dobře propojit s výukou chemie na vyšším stupni gymnázia.

Některá gymnázia jsou pouze čtyřletá, na některých školách jsou v jednom ročníku žáci ve třídě (třídách) osmiletého i třídách čtyřletého studia. Většinou se v obou třídách učí podle stejného programu, i když ve třídách osmiletého studia je možno látku probrat do větší hloubky a ve větším rozsahu. Bohužel chemie patří na gymnáziu k předmětům, jejichž význam je studenty nedoceňován a z toho plyne i odklon od zájmu o technické a přírodovědné předměty.

Role učitele chemie na gymnáziu spočívá mimo jiné v tom, aby žákům ukázal význam znalostí v této oblasti. Učitel by neměl pojmout výuku chemie jako přípravu na budoucí povolání (to se obvykle týká jedinců), ale jako prostředek pro porozumění vztahů člověka ke svému okolí, jako součást všeobecného vzdělání. Učitel by měl zařazovat taková témata, s nimiž se žák setkává v běžném životě, ukázat, že laboratorní cvičení neslouží pouze k získání některých konkrétních laboratorních dovedností, ale přispívají k rozvoji myšlení během zpracování experimentálních výsledků. Měl by vést žáky k rozvoji kompetencí, kritického myšlení a vlastního úsudku na základě vybraných závěrů. Učitel by také měl uvést na pravou míru médii zkreslený obraz chemie, často prezentované jako pohroma lidstva, ukázat, že naopak chemie často napravuje chyby jiných.

Historii výuky přírodovědných předmětů, respektive chemie, je důležité si připomenout mimo jiné proto, aby učitel znal a mohl posoudit historické potřeby způsobu výuky v kontrastu se současnými potřebami společnosti a tedy potřebami modernější, racionálnější a efektivnější výuky. Žáky však spíše zaujme historie chemie. Do programu některých hodin je možné vhodně zařadit přehled jednotlivých významných chemiků a vědců a apelovat na znalosti žáků z hodin, kdy byly zmiňovány některé zákony, poučky, pravidla spojená s těmito jmény (Lewisovy kyseliny, Pauliho princip). Náměty je možno použít z publikací, např. /Budiš a kol. 1995/; je možné využít publikaci /Budiš, Haminger, Herman, Marečková 1996/ pro historii chemických výzkumů, alchymii aj. V publikaci /Solárová, Lichtenberg 2000/ je přehledně uvedena historie výrob některých látek denního použití (ocet, barviva, syntetické látky, atd.).

## 3.2 Výuka chemie pomocí chemického experimentu

Slovo experiment se používá v každodenním jazyce mnohem volněji než ve vědecké řeči. Nejčastěji ve smyslu „pokus“ nebo „zkoušení“. Ve škole se zavádí tzv. experimentální vyučování /Gavora 2000/.

Podle Pedagogického slovníku je experiment (pokus) činnost, při které žáci zpravidla pod vedením učitele provádějí pozorování určitého jevu, jeho průběh a výsledky zaznamenávají a hodnotí. V přírodovědných a technických předmětech jsou školním pokusům vyhrazeny laboratorní práce /Průcha, Walterová, Mareš 2001/.

Ve vědeckém jazyce má slovo experiment odlišný význam, používá se jako zkrácený výraz místo označení experimentální metoda. Experiment lze použít jako výzkumnou metodu prakticky ve všech oborech zkoumání a tato metoda bude mít vždy obdobnou terminologii a postup. V publikaci Úvod do pedagogického výzkumu je vysvětlena metoda experimentu jakožto pedagogického experimentu /Gavora 2000/ Pokud si učitel pečlivě přečte a promyslí to, co je zde o experimentu napsáno, měl by dojít k závěru, že během chemického pokusu v rámci praktických cvičení, automaticky a bezděčně provádí i improvizovaný didaktický experiment. Pracuje totiž s několika skupinami žáků, jednotlivé skupiny bývají rovnocenné, práce má určitý časový plán a učitel sleduje, zda je bez problému dodržován. Na konci práce se porovnávají výsledky získané experimentálně a hlavním výstupem nejsou pouze údaje ale i jejich interpretace. A to jednak po chemické stránce, např. co vyplývá z údaje, že ve vodě ze studny je určité množství dusičnanů v  $\text{dm}^3$ , a jednak z hlediska didaktického, např. proč jednotlivé skupiny došly k rozdílným výsledkům. Výsledkem takového experimentu pro učitele je i to, do jaké míry byl chemický pokus pro žáky vhodný a realizovatelný, zda ho opakovat a použít i v příštích letech nebo nahradit jiným.

Bylo by možné připravit takový pedagogický experiment, kdy např. jedna třída by prováděla na určité téma chemické pokusy nebo přírodovědný projekt a druhá absolvovala pouze klasické výkladové hodiny a poté porovnat znalosti žáků. Podle dlouholetých zkušeností vím, že výsledky a závěry takového experimentu nemají příliš vypovídající hodnotu. Každá třída je jiná, každý ročník je jiný. Většinou se předpoklad potvrdí, ale záleží také na časovém horizontu, kdy znalosti testujeme. V této disertační práci se věnuji hlavně chemickému pokusu.

Na chemický pokus nahlížíme nejen jako na didaktický prostředek, ale především jako na nedílnou součást cílových a obsahových struktur učiva. Cílem je, aby si žáci neosvojovali pouze základy současného poznání v chemii, ale i základy vlastního poznávání prostřednictvím bádání, tedy i metody vědecké, teoretické a experimentální práce v chemii.

Chemický pokus je jedním z nejvýznamnějších prostředků pro výuku chemie na střední škole, i na školách základních a vysokých. Přináší bezprostřední informace o průběhu chemického děje a jejich prostřednictvím o vlastnostech a stavbě reagujících látek. Pomocí chemického pokusu se žák zároveň seznamuje se základní metodou práce v chemii – metodou experimentální.

Žáci zpravidla pod vedením učitele provádějí pozorování určitého jevu, jeho průběh a výsledky zaznamenávají a hodnotí. V přírodovědných a technických předmětech jsou školním pokusům vyhrazeny laboratorní cvičení. Laboratorní cvičení pomáhají rozvíjet

schopnosti žáků pozorovat, samostatně uvažovat, upevňovat manuální dovednosti a dovednosti komunikativní. Jedná se o jednu z významných cest, které pomáhají překonávat jednostranně slovní a nazírací způsob vyučování.

Rozlišujeme několik typů laboratorních cvičení /Vališová, Kasíková a kol. 2007/:

- ilustrační typ laboratorních cvičení (ilustrují obsah učiva, který žáci poznali při vyučování), např. důkaz redukujících cukrů,
- aplikační typ laboratorních cvičení (umožňuje aplikaci osvojené teorie, opakování a procvičování vědomostí a dovedností), např. úlohy týkající se reakční kinetiky,
- laboratorní cvičení heuristického charakteru, které umožňují žákům pomocí problémových řešení úkolů objevovat nová fakta, vztahy, hledat a osvojovat si nové vědomosti, např. důkazy chemických látek v rostlinách.

Při laboratorních cvičeních si žáci upevňují řadu dovedností, jako zacházet s nástroji a přístroji, měřit, vážit, plánovat svou práci, sestavit protokol, pracovat s tabulkami, induktivně vyvozovat závěry /Skalková 2007/.

Pokusy je proto třeba vřazovat do výchovně vzdělávacího procesu velmi cílevědomě a uvážlivě. Nejen s ohledem na jejich funkci motivační, konkretizační a ilustrační, ale především s ohledem na jejich funkci v samotném poznávacím procesu, na jejich funkci kongitivní. Pokusy je třeba vřazovat i do vyučovacích hodin, kde je těžiště kongitivní činnosti, kde se žáci s poznáváním nového nejčastěji střetávají.

Je však důležité, aby nástrojem tohoto poznávání byla též vlastní experimentální práce žáků a tu lze nejlépe zrealizovat v samostatném programu praktických laboratorních cvičení, kde je třída rozdělena na polovinu, žáci pracují ve skupinkách a během roku se v průměru seznámí s patnácti experimentálními úlohami. Při dvouletém cyklu praktik se třiceti. Je zřejmé, že žákovský experiment má velmi závažnou, hranice předmětu přesahující, funkci /Solárová 1995/.

Působení školního chemického pokusu je podmíněno dokonalým technickým provedením pokusu a vhodným didaktickým využitím pokusu ve výuce. Toto vše klade nemalé nároky na učitele. Především na jeho mistrovství při zvládnutí didaktiky i organizačně náročného vzdělávacího procesu, jeho všestrannou zainteresovanost na výchovně vzdělávací práci. Dalšími významnými předpoklady jsou vyhovující materiálně-technické zabezpečení experimentální práce žáků a dostatek času, který musí mít učitel na náležitou teoretickou i praktickou přípravu experimentální práce žáků.

### 3.2.1 Charakteristika, struktura a cíl chemického pokusu

Chemický pokus je součástí výuky chemie. V analytické chemii na střední škole chemický pokus dokonce může převažovat nad výkladovými hodinami. Větší váhu v procesu osvojování požadovaných znalostí, vědomostí a dovedností má to, co sami žáci vidí a zkusí (barevné změny při srážecích reakcích) než pouhé memorování průběhu reakcí a barev sraženin. Cílem tedy je, aby si žáci nejen osvojili znalosti, vědomosti a dovednosti, ale dokázali tvořit své názory, postoje způsoby jednání, k čemuž analytická chemie např. v rámci analýzy životního prostředí nebo potravin přímo vybízí. Cílem chemického pokusu je zvládnutí nejen techniky školního experimentu, ale i osvojení metodického postupu a interpretace jednotlivých pokusů s přísným uplatněním a dodržováním veškerých platných bezpečnostních předpisů a nařízení.

Školní pokus má charakter systému s určitou strukturou, která určuje funkce a význam pokusu ve výuce chemie. Má několik fází, které jsou základem pro strukturu chemického experimentu /Čtrnáctová, Halbych 2006/.

První fází je **příprava chemického pokusu**. Dělíme ji na materiální a nemateriální. Materiální příprava zahrnuje laboratorní pomůcky, chemické nádoby, měřicí přístroje, potřebné chemikálie. Nemateriální příprava zahrnuje připravenost žáků pokus realizovat, vysvětlit probíhající změny, formulovat závěry. Toto označujeme jako výchozí vědomosti a dovednosti žáků.

Druhou fází chemického experimentu je vlastní **provedení pokusu**, pozorování probíhajících změn.

Třetí fází je **vyhodnocení chemického pokusu**, pozorovaných jevů a jejich chemické vyjádření, získání empirických údajů.

Ve čtvrté fázi – **zpracování empirických údajů** - žáci zpracovávají zjištěné empirické údaje v empirické poznatky, sestavují rovnice probíhajících chemických reakcí, počítají výtěžek reakce, aj.

Uvedené fáze chemického pokusu tvoří strukturu chemického pokusu, která je jako celek určována stanoveným cílem. Se změnou cíle pokusu se mění i struktura chemického pokusu.

Například chemický experiment, jehož cílem je, aby žáci zjistili, jak reaguje uhličitán vápenatý s kyselinou chlorovodíkovou, má následující strukturu:

### 1. fáze

**materiální příprava:** žáci si připraví  $\text{CaCO}_3$ , zředěnou  $\text{HCl}$ , stojan na zkumavky, zkumavku, pipetu.

**nemateriální příprava:** žáci znají bezpečné zacházení s kyselinami.

### 2. fáze

**provedení pokusu:** žáci nasypou do zkumavky malé množství  $\text{CaCO}_3$  a pipetou opatrně přikapávají zředěnou  $\text{HCl}$ .

**pozorování pokusu:** žáci pozorují průběh pokusu ve zkumavce a zjišťují, že  $\text{CaCO}_3$  se kyselinou chlorovodíkovou rozkládá a ze zkumavky unikají bublinky, které mohou zavést do vápenné vody.

### 3. fáze

**empirické poznatky:** žáci pod vedením učitele dospívají k závěru, že unikajícím plynem je  $\text{CO}_2$ , dále vzniká  $\text{CaCl}_2$  a molekula vody. Reakce není redoxní – nedochází ke změně oxidačních čísel. Chlorid vápenatý je přítomen ve formě vodného roztoku.

Se změnou cíle pokusu se mění i struktura chemického pokusu. Je-li cílem stanovení uhličitánu vápenatého zpětnou titrací, má pokus následující strukturu:

### 1 fáze

**materiální příprava:** žáci si připraví titrační aparaturu, odměrnou baňku, váhy, chemickou lžičku, hodinové sklo, nálevku, stojan s kruhem a sítkou, kahan, roztok  $\text{HCl}$  ( $c=1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), roztok  $\text{NaOH}$  ( $c=1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), methylořanž, vápenec.

**nemateriální příprava:** žáci vědí co je vápenec, znají postup přípravy roztoků dané koncentrace, zahřívání látek, titraci, princip zpětné titrace, bezpečné zacházení s kyselinami a hydroxidy.

### 2. fáze

**provedení pokusu:** žáci nasypou odvážené množství horniny obsahující  $\text{CaCO}_3$  do baňky, přidají předepsaný objem roztoku  $\text{HCl}$  ( $c=1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), baňku přikryjí hodinovým sklem a zahřívají na síťce mírným plamenem, dokud unikají bublinky plynu. Po

ochlazení přidají několik kapek roztoku methylooranže a roztok titrují odměrným roztokem NaOH.

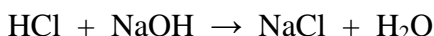
**pozorování pokusu:** žáci pozorují barevnou změnu indikátoru v bodě ekvivalence.

### 3. fáze

**empirické údaje:** žáci chemicky vyjadřují pozorované jevy – rozklad vápence kyselinou chlorovodíkovou a reakci nadbytečné kyseliny chlorovodíkové s hydroxidem sodným.

### 4. fáze

**empirické poznatky:** žáci dospěli k názoru, že proběhly následující reakce:



Ze spotřeby NaOH při titraci žáci vypočítají objem spotřebované HCl, který zreagoval s CaCO<sub>3</sub> a pak i hmotnost CaCO<sub>3</sub> ve vzorku horniny.

## 3.2.2 Funkce chemického pokusu ve výuce chemie

Ze struktury školního chemického pokusu a charakteristiky výuky chemie plynou funkce chemického experimentu ve výuce. Vzhledem k cílům výuky chemie rozlišujeme informativní, formativní a metodologickou funkci školního chemického pokusu /Čtrnáctová, Halbych 2006/.

**Informativní funkcí** rozumíme soubor všech informací (poznatků), které žáci v průběhu jednotlivých fází chemického pokusu získávají. V rámci přípravy pokusu jsou to poznatky o charakteru výchozích látek, způsobu jejich chemických přeměn, laboratorní technice, laboratorních pomůckách, chemickém nádobí, informace o způsobu provedení, vyhodnocení pokusu. Ve fázi realizace pokusu si žáci upevňují a doplňují informace o způsobu provedení pokusu a pozorováním pokusu získávají informace, které dále zpracovávají do empirických údajů a z nich pak vyvozují empirické poznatky.

Dominantní charakter mají informace o průběhu chemického děje při pokusu, o jeho podstatě, zákonitostech, které žáci mohou získat při provádění a pozorování pokusu a vyhodnotit jako empirické údaje a poznatky na základě osvojených vědomostí a dovedností.

Například chemický pokus, v jehož průběhu reaguje uhličitán vápenatý s kyselinou chlorovodíkovou poskytuje žákům tyto informace:

Hornina vápenec obsahuje uhličitán vápenatý

Vodný roztok HCl je bezbarvá kapalina štiplavého zápachu

CaCO<sub>3</sub> reaguje s HCl za vzniku plynu

Unikající plyn je bezbarvý, ve vodě se rozpouští na slabou kyselinu

Odpařením vzniklého roztoku získáme CaCl<sub>2</sub>

CaCl<sub>2</sub> je bílá krystalická látka.

Soubor informací, které pokus poskytuje, může být poměrně obsáhlý, a proto je možné využít většinu experimentů v několika tematických celcích a vést žáky k osvojení právě potřebných informací. Například již zmíněný pokus lze využít v tématu Plyny, Skupenské stavy látek, Reakce kyselin, Materiální zdroje pro anorganickou chemii, Důkaz CaCO<sub>3</sub>.

Kromě těchto informací přináší chemický pokus i informace o bezpečnosti práce, o ekonomice práce a možnosti nebezpečí pro životního prostředí.

**Funkce formativní** se realizuje zprostředkovaně přes funkci informativní. Informativní funkce je funkcí na úrovni statické, poznatkové, zatímco pro funkci formativní je typické, že je dynamická, na úrovni činnostní. Činnosti formují osobnost žáka na základě osvojovaných poznatků. Rozvíjející se schopnosti žáka utvářejí jeho charakterové vlastnosti a názorové postoje.

K této funkci se váže také **funkce metodologická**. Chemickým pokusem zprostředkujeme také metody poznávání chemie jako vědy.

Význam formativní a metodologické funkce můžeme ukázat na příkladu určení dvou látek – chloridu sodného a chloridu vápenatého. Žáci vědí, že mají tyto dva vzorky, ale neví který je který, mají dokázat kationty i anionty. Vyřešení tohoto úkolu vyžaduje provést soubor intelektuálních, sensorických a motorických činností, které vycházejí z vědomostí a dovedností žáků o chování a vlastnostech různých látek.

Žáci asi nebudou řešit úlohu tak, že budou dokazovat  $\text{Ca}^{2+}$  pomocí činidel pro kationty IV. analytické třídy, ale zvolí rychlejší metodu – plamenové zkoušky, kde rozdíl v barvě plamene obou kationtů je evidentní.  $\text{Na}^+$  barví plamen žlutě a  $\text{Ca}^{2+}$  barví plamen kahanu cihlově. Pro úplnost je třeba dokázat chloridy. Opět je několik možností důkazů, například pomocí koncentrované  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – uvolňuje se štiplavě páchnoucí chlorovodík nebo  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$  – vznikne bílá sraženina  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  a působením amoniaku se sraženina zbarví černě, další možnost je pomocí  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$  – vzniká bílá sraženina rozpustná v horké vodě. Vzhledem k nebezpečí poleptání, zápachům produktů a jedovatosti látek by žáci měli zvolit nejlepší variantu důkazu pomocí  $\text{AgNO}_3$  – vznikne bílá sraženina  $\text{AgCl}$ , která na světle fialoví, šedne až černá a je snadno rozpustná v  $\text{NH}_3$  a nerozpustná v  $\text{HNO}_3$ .

Ve fázi přípravy experimentu musí žáci provést nejdříve úvahu o charakteru látek a zvolit taková činidla, aby jejich reakce odpovídaly úvaze. Vzhledem k tomu, že existuje celá řada teoretických řešení, musí žáci vybrat taková, která dovedou experimentálně ověřit, mají k dispozici vhodné chemikálie i laboratorní sklo a pomůcky. Při provádění pokusů uplatňují získané sensorické i motorické dovednosti k sestavení aparatur a sledování průběhu pokusů. V závěrečné fázi experimentů porovnávají svou hypotézu o průběhu pokusů se získanými experimentálními výsledky. Během pokusu se rozvíjí schopnost žáků promýšlet stanovené úlohy, navrhnout a ověřovat jejich řešení a bezpečně pracovat v chemické laboratoři.

Z hlediska vztahu k jednotlivým fázím výuky chemie rozlišujeme funkci motivační, funkci při osvojování a upevňování učiva a kontrolní funkci chemického experimentu.

Z hlediska struktury pokusu v **motivační funkci** pokusu klademe důraz především na jeho druhou fázi – provedení pokusu, zatímco fáze přípravná a vyhodnocovací jsou zde potlačeny. Typickým motivačním pokusem jsou plamenové zkoušky kationtů V. analytické třídy.

Při **osvojování učiva** ve výuce naopak tyto fáze struktury pokusu výrazně vystupují do popředí. Žáci pod vedením učitele nejprve připravují např. pro titraci odměrné roztoky, sestavují chemické reakce jednotlivých chemických dějů.

Při **upevňování učiva** předpokládáme, že si žáci již osvojili základní znalosti a získané vědomosti a dovednosti žáků upevňujeme např. soutěží v poznávání kationtů na základě plamenových zkoušek nebo necháme žáky vypočítat, jak namíchají roztok zvolené látky o dané koncentraci.



Zařazení pokusu do **kontrolní části výuky** předpokládá, že požadujeme, aby žáci prokázali osvojené znalosti, vědomosti a dovednosti.

Osvědčeným příkladem takového kontrolního pokusu na závěr série důkazů kationtů a aniontů může být analýza rostlinného popela, rozbor minerální vody nebo důkazy kationtů a aniontů ve vzorcích.

Většina experimentů může být použita ve všech fázích výuky chemie. Rozdíl je pouze u pokusů s výrazně motivační funkcí. Při zařazení těchto pokusů musí žáci okamžitě vyhodnocovat informace, které pokus přináší, zatímco v dalších fázích výuky chemie je cílem pokusu právě vyhodnocení průběhu pokusu a získání empirických údajů a poznatků.

### **3.2.3 Chemický pokus jako součást poznávacích postupů a metod ve výuce**

#### **3.2.3.1 Poznávací postupy a jejich využití ve výuce analytické chemie**

Chemický pokus je součástí výuky chemie, jejímž základem je objektivní poznávací proces. Základem tohoto poznávacího procesu je poznání empirické a teoretické. Empirické poznání poskytuje pouze určitá fakta bez objasnění jejich podstaty. Teoretické poznání vede k odhalení podstaty chemických jevů, ale také není úplné, protože mu chybí praktické ověření chemickým pokusem. V empirickém poznání se uplatňují především senzomotorické činnosti žáků, v poznání teoretickém především činnosti intelektuální. Pro rozvoj osobnosti žáků je evidentní, že nejúčinnější jsou vyučovací postupy, které obsahují obě formy poznání a tedy všechny druhy činností žáků. Uplatnění obou forem poznání ve výchovně vzdělávacím procesu vede k empiricko-teoretickému a teoreticko-empirickému postupu dosažení jednotlivých poznatků i stanovení cílů /Čipera 2000/.

Východiskem empirického poznání ve výuce chemie je převážně chemický experiment. Ten vede k určitému empirickému poznatku, který pak teoreticky vysvětlujeme a objasňujeme nebo umožňuje opačný proces - teoreticky odvozený poznatek ověřit.

V prvním případě žáci sami provádějí chemický experiment a získávají určitý soubor údajů. Jejich vyhodnocením docházejí k empirickým poznatkům. Máme-li dosáhnout stanovených cílů, musí žáci poznatky nejen odvodit, ale také vysvětlit. Teoretické vysvětlení poznatků je stejně důležité jako jejich empirické odvození.

V druhém případě žáci využívají svoje vědomosti k teoretickému odvození určité hypotézy, kterou ověří experimentem. První příklad je příklad empiricko-teoretický postup, druhý teoreticko-empirický postup.

V souvislosti s chemickým experimentem žáci provádějí některé důležité intelektuální, senzorické a motorické činnosti. Motorické činnosti jsou spojené především s přípravou a provedením chemického experimentu. Patří sem především

činnosti spojené s úkony základní laboratorní techniky jako je vážení, zahřívání, dělení směsí filtrací, krystalizací, sublimací atd.

Je zřejmé, že tyto praktické činnosti žáků musí vycházet z jejich vědomostí o principech a postupech těchto laboratorních technik, které získají většinou v předchozím školním roce.

Senzorické činnosti žákům umožňují získávat informace na úrovni záměrného smyslového vnímání, které musí být zaměřeno tak, aby byly pozorovány určité děje. To znamená, že se nejedná pouze o čistě senzorickou činnost, ale během pozorování se vždy projevují určité myšlenkové operace. Informace o průběhu chemického děje jsou získávány činností zrakovou, sluchovou, čichovou na základě změny barev reagujících látek, vzniku sraženiny, změny pH systému, unikání plynu při reakci apod. /Čtrnáctová, Halbych 2006/.

Intelektuální činnosti žáků jsou nezbytnou součástí každé senzorické i motorické činnosti, ale uplatňují se i samostatně při odvozování nových poznatků z poznatků známých.

V analytické chemii používáme některé redoxní reakce a osvojení pojmů oxidace, redukce a redoxní děje na úrovni dovednosti pomocí různých poznávacích postupů můžeme uvést jako příklad.

#### **Empirický postup vychází z provedení následujících pokusů :**

a) Do odměrné baňky nalijte 100 cm<sup>3</sup> roztoku KMnO<sub>4</sub> (w=0,2), nasypete 7 g FeSO<sub>4</sub> a dolijte destil. H<sub>2</sub>O po rysku. Z této směsi odpipetujte 25 cm<sup>3</sup> roztoku do titrační baňky, přidejte 100 cm<sup>3</sup> destil. H<sub>2</sub>O, 5 cm<sup>3</sup> koncentrované H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a titrujte roztokem KMnO<sub>4</sub> (c=0,02 mol.dm<sup>-3</sup>) do světle fialového zbarvení, což je důkaz bodu ekvivalence.

b) K 10 cm<sup>3</sup> roztoku KI přidejte 10 cm<sup>3</sup> zředěného roztoku HCl a 10 cm<sup>3</sup> roztoku H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (w=0,1). Hnědé zbarvení původně bezbarvého roztoku je důkaz vzniku jódu.

#### **V průběhu pokusů pozorujeme tyto změny:**

a) z FeSO<sub>4</sub> vznikl Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> tedy Fe<sup>2+</sup> → Fe<sup>3+</sup> - oxidační číslo se zvýšilo ( původně světle zelená barva mizí),

z KMnO<sub>4</sub> vznikl MnSO<sub>4</sub> tedy Mn<sup>7+</sup> → Mn<sup>2+</sup> - oxidační číslo se snížilo ( původně fialová barva roztoku mizí).

b) z KI vznikl I<sub>2</sub> tedy 2I<sup>-</sup> → I<sub>2</sub> - oxidační číslo se zvýšilo

Při empiricko-teoretickém postupu odvodíme z pokusu jako v prvním případě pojmy oxidace, redukce, redoxní reakce. Dochází-li ke změně oxidačního čísla atomu, mění se jeho náboj, což je spojeno s posuny elektronů. Přijímáním elektronů se oxidační číslo sníží, odevzdáním elektronů se oxidační zvýší. Dochází zároveň k oxidaci i redukci – probíhá redoxní reakce.

Teoretický postup vychází z definice oxidačního čísla, ze které vyplývá, že hodnota oxidačního čísla se může měnit. Snižování oxidačního čísla nazýváme redukce a zvyšování hodnoty oxidačního čísla oxidace. Protože oxidační číslo atomu ve sloučenině závisí na počtu vazebných elektronových párů kolem atomu a víme-li, že při chemickém ději dochází ke změně vazeb, tedy i k přesunu nebo posunu vazebných párů kolem daného atomu, bude zřejmě záviset změna oxidačního čísla na tomto přesunu vazebných elektronů. Využitím vlastnosti elektronů – velikost jejich náboje určíme, přijme-li atom elektrony, pak se jeho náboj sníží, sníží se jeho oxidační číslo a dochází k redukci.

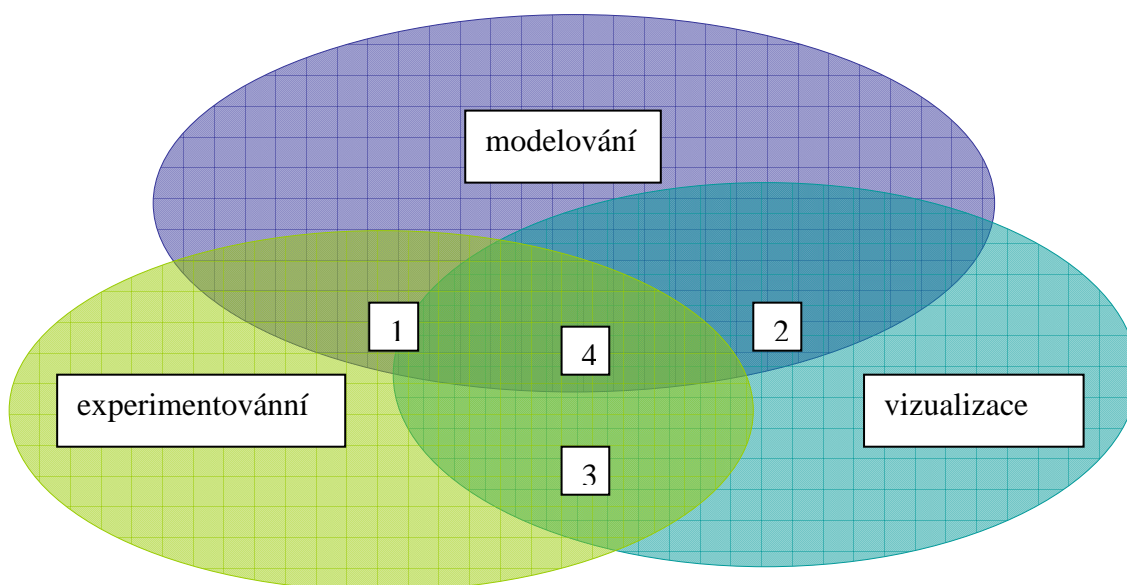
Odevzdá-li atom elektrony, jeho oxidační číslo se zvýší, dochází k oxidaci. Oxidace i redukce probíhá současně a takovouto reakci nazýváme redoxní reakce.

Teoreticko-empirický postup je ve své první části shodný s postupem teoretickým, potom se provedou pokusy (postup empirický), zapíše chemické reakce chemickými rovnicemi a zapíše, zda se jedná o redukci nebo oxidaci.

Při výuce volíme postup podle konkrétních podmínek, tj. podle charakteru a typu školy, úrovně žáků, materiálního vybavení laboratoře a typu pokusu.

Danou složitou problematiku dokážeme pomocí experimentu zjednodušit a vizualizovat. Následně zpětně můžeme podle experimentu sestavit jednoduchý modelový příklad složitých postupů, s modely experimentovat a zpětně pomocí modelu vizualizovat problematiku životního prostředí. Zároveň na všech úrovních dojde ke zjednodušení – elementarizaci celého problému a lepšímu pochopení žáky.

Vztahy mezi některými zmíněnými činnostmi zobrazuje diagram 2, upravený dle /Holada 2007/.



**Diagram 2: Vztahy mezi experimentováním, modelováním a vizualizací.**

- průnik č.1 znázorňuje experimentování s modely nebo modelový experiment
- průnik č.2 znázorňuje vizualizaci modelu nebo vizualizaci modelováním
- průnik č.3 znázorňuje vizualizaci experimentu nebo vizualizaci experimentováním
- průnik č.4 společným průnikem všech tří podmnožin prostředků výuky je elementarizace

### 3.2.3.2 Vyučovací metody a jejich využití v analytické chemii

Podle převažujícího typu aktivity žáků v průběhu výuky chemie se pokus stává součástí metody informativně-ilustrativní, úkolové nebo problémové.

Při použití metody **informativně-ilustrativní** vyžadujeme od žáků pozornost a soustředění při výkladu nebo při demonstracích učitele a jejich popisu. Učitel řídí celou činnost žáků při osvojování učiva i její jednotlivé úseky.

Při **úkolové metodě** jsou v rámci celé činnosti při osvojování učiva žákům zadávány učební úlohy, které navozují dílčí úseky činnosti žáků. Tyto činnosti provádí žáci samostatně, uplatňují pouze reproduktivní činnost, řeší úlohy podobné těm, které už znají. Celkové řízení činnosti žáků spočívá opět na vyučujícím, ale v dílčích úsecích činnosti žáci sami rozhodují o postupu své práce.

**Problémová metoda** předpokládá uplatnění tvořivých – produktivních činností žáků při osvojování učiva. Žáci znají celkový cíl činnosti, sami si stanoví dílčí úseky činnosti, což znamená, že si sami formulují učební úlohu a stanoví postup řešení. V tomto případě přechází na žáky řízení celé činnosti i dílčích úseků. Podstatou tohoto řízení je rozhodovací proces. Žáci si musí sami zvolit celkový postup řešení a v každém úseku řešení úlohy volit na základě svých znalostí, vědomostí, dovedností a podmínek úlohy optimální a správnou variantu.

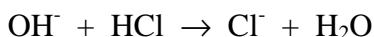
Problémová metoda je z hlediska rozvoje osobnosti žáků neoptimálnější, je však časově nejnáročnější, a proto je její využití ve výuce omezené.

Během realizace chemického pokusu ve výuce se mohou během jeho přípravy, provedení a vyhodnocení uplatňovat různé vyučovací metody nebo pouze jedna z nich /Čtrnáctová, Halbych 2006/.

Jako příklad úkolové metody jsem zvolila stanovení alkality pitné vody.

#### Úkolová metoda

V úvodu laboratorního cvičení žáci řeší úkol: Určete látky potřebné k stanovení alkality pitné vody a vyjádřete průběh reakce chemickou rovnicí. Žáci využívají svých vědomostí z předchozí výuky chemie o neutralizačních reakcích a dospívají k závěru, že použijí silnou kyselinu (např. HCl) a průběh zapíše rovnicí:



#### Ilustrativní metoda

Učitel podle materiálového vybavení školy seznámí žáky s titrační aparaturou, titrační baňkou, byretou, praktickým provedením titrace a postupem práce.

#### Problémová metoda

Učitel položí žákům otázku: Jak poznáme konec titrace? Žáci novým způsobem kombinují své dosavadní vědomosti o kyselosti, zásaditosti látek o acidobazických indikátorech a pomocí učitele dospívají k možnosti použít indikátor.

#### Informativní a ilustrativní metoda

Učitel doplní znalosti žáků o základních indikátorech (fenolftalein, lakmus) o další indikátory, vysvětlí vhodnost použití methylované pro tuto reakci.

### **Úkolová metoda**

Žáci jsou seznámeni s aparaturou, kterou budou sami používat. Dosud teoreticky odvozené závěry ověřují praktickým provedením chemického pokusu. Sestaví aparaturu na titraci a sledují změnu barvy roztoku v titrační baňce v bodě ekvivalence. Postupy, ve kterých se uplatňuje samostatná a tvořivá činnost žáků a zároveň řízení těchto činností žáky, významně přispívají k posílení informativní, formativní a metodologické funkce pokusu a tím i ke zvyšování efektivnosti výuky chemie.

## **3.2.4 Praktická cvičení jako nástroj k rozvíjení a naplňování kompetencí personálních a sociálních**

V průběhu praktických cvičení a laboratorních prací mají učitelé daleko větší možnost, oproti běžným hodinám, pozorovat projevy žáků, jejich chování, dokonce s nimi více komunikovat. To může učitelům naznačit, jak a kde hledat účinné postupy při výuce a výchově. Žáky pozorujeme buď příležitostně (náhodně), zvláště pokud se během činnosti vyskytne nějaký problém (žák nerozumí zadání, neví jak má pokračovat) nebo záměrně (systematicky) v případě dlouhodobých kázeňských nebo sociálních konfliktů. Metoda rozhovoru usnadňuje nejen navázat kontakt se žákem a lépe porozumět jeho chování, ale slouží také k získání mnoha důležitých informací. Automaticky se prolínají kompetence k učení, práci, podnikavosti, řešení problémů. To, co je během laboratorních prací speciálně rozvíjeno a lze na příkladech dobře popsat, jsou kompetence personální a sociální, které jsou v této kapitole popsány.

Během praktických činností žáci projeví jednak chování instinktivní (např. kahan je horký – dávat pozor při manipulaci s ním), zautomatizované (např. při vaření v kádince mícháme) i rozumné, které jsou nezbytné všude tam, kde je nutno řešit nový problém (téměř v každé nové laboratorní práci) a žák musí situaci posoudit a cíleně jednat, tak aby zadaný úkol splnil. Automaticky se tak prolínají kompetence k učení, k práci, k podnikavosti, řešení problémů a kompetence komunikativní.

Každý žák je osobností, která je dotvářena a formována i vlivem prostředí, ve kterém žije a také učení a vlastní činností žáka /Rozsypalová, Čechová, Mellanová 2003/. Vyzorovala jsem, že pokud žáci přijdou do uklizené třídy, automaticky jí zanechají po výuce také uklizenou. V neuklizené laboratoři by se ostatně ani nedalo pracovat. Pokud však přijdou na výuku do třídy s odpadky, ještě nějaké přidají. Snažím se tedy o to, aby žáci uklízeli automaticky a většinou je nemusím ani kontrolovat. A co víc, žáci si pochvalují jak esteticky laboratoř vypadá.

Žáci potřebují na začátku praktických činností motivovat (nejraději by seděli a odpočívali po předchozí výuce) a během práce povzbuzovat a chválit tak, aby bylo možno dosáhnout cílů celé pracovní činnosti. Většinou si každý stanovuje cíle takové, které uspokojují jeho tužby a potřeby, zatímco ve výchovném procesu stanovuje cíle učitel, a proto i motivace musí být promyšlená tak, aby dosažení cíle přinášelo radost a uspokojení. Během práce žáci uplatní své vlohy, nadání, talent, temperament, charakter. Zvláště zajímavé z hlediska učitele je pozorovat, jak žáci hodnotí sebe sama. Někteří

mají sklon k podceňování, myslí, že zadaný úkol nezvládnou, nesnaží se o lepší výsledky. Naopak většinou ti, kteří nemají velké znalosti mají tendenci k přeceňování a výsledkem jejich práce bývá neúspěch a zklamání. Úkolem učitele je snažit se oběma typům žáků dopomoci k cíli.

Psychické procesy a stavy probíhají při všech činnostech, v jednání i chování lidí. Nám jde především o takové činnosti, které jsou přímo spjaty s výchovně vzdělávacím procesem. V každé hodině vyžadují učitelé od žáků, aby vnímali výklad a utvořili si tak určitý vjem. Jedná se většinou však pouze o sluchovou stránku vnímání, zatímco v praktických hodinách žák zapojí i další smysly - zrak, čich, popřípadě dotyk. Pro shromažďování zkušeností a informací je důležitá paměť. V praktických hodinách mají žáci usnadněnou situaci v tom smyslu, že si informace nemusí pamatovat dlouhodobě, stačí krátkodobá paměť (i s tím mají žáci mnohdy problém). Ale to, co je v těchto hodinách jedinečné je to, že žáci ihned informace využívají prakticky, a tak ukládají nabyté zkušenosti do paměti ve formě paměti dlouhodobé.

Za samozřejmé učitelé považují to, že žáci myslí, čímž zprostředkovaně poznávají obecné a podstatné vlastnosti předmětů a jevů a jejich vztahy mezi nimi /Rozsypalová, Čechová, Mellanová 2003/. Vytvářejí si představy a pojmy a zvláště během laboratorních činností se žáci velmi rychle učí zobecňovat, pojmy používat, chápat vztahy mezi nimi, řešit problémy a mnohdy se uplatní i tvůrčí myšlení. A to přímo ve škole, ne až po memorování doma.

V běžných hodinách žáci mluví až na vyzvání, odpovídají na učitelem položené otázky a většinou sami dotazy nekladou. V praktických hodinách je tomu naopak, protože žáci potřebují poradit jak dále postupovat, jaké chemické nádoby použít. Často se raději ptají, než by četli zadání úlohy znovu. Žáci musí také komunikovat mezi sebou, protože pracují ve skupinkách. Řeč a myšlení tedy umožňují lidem vzájemně spolupracovat. Řeč sama pak slouží k vzájemné komunikaci, působení na druhé lidi a vyjadřuje naše myšlenky/Rozsypalová, Čechová, Neklanová 2003/.

Vůle je soubor psychických procesů a vlastností, které vedou k dosažení cílů, zvláště v situacích, kdy je třeba překonávat překážky /Rozsypalová, Čechová, Mellanová 2003/. S tímto pojmem se pojí rozhodnost, cílevědomost, iniciativa, trpělivost, vytrvalost, zodpovědnost. Při dosahování cílů má velký význam vlastní postoj žáka k činnostem, které má splnit. Cennější je, pokud je žák pro činnost dobře motivován a chce stanoveného cíle dosáhnout. V takovém případě i dvě vyučovací hodiny trvání praktik nepřipadají žákům tak dlouhé. Jsou však někteří (často premianti), které lze jen velmi těžko pro praktickou činnost motivovat a ti dokonce po celou dobu sledují hodinky, aby věděli, kdy hodina skončí.

V průběhu chemického experimentu je třeba, aby se žáci na činnost soustředili a soustředěnost udrželi i v průběhu celého pokusu, protože každá nepozornost může vést k nebezpečí zvrhnutí nádob, rozbití chemického zařízení, úrazu, k nepřesným výsledkům, zmaření úsilí celé skupiny spolužáků a v neposlední řadě k nedostatečnému zapamatování poznatků. Tím se prohlubuje nejen odpovědnost žáka ke své práci, ale i k práci druhého a schopnost kooperovat a usilovat o co nejlepší výsledek práce celé skupiny. Rozvíjí se tak vztah k zodpovědnosti žáků a komunikativní kompetence.

To, co je v praktických hodinách také výraznější než v hodinách běžného typu je sociální interakce, tedy vzájemné působení jednoho žáka na druhého. Lze snadno vypořádat, jak kdo má silnou potřebu navazovat s druhými pozitivní vztahy, jak žáci během činnosti porovnávají své přednosti a nedostatky s ostatními, někteří potřebují v klidu a o samotě přemýšlet a řešit problém, někteří žáci nejsou příliš schopni nebo ochotni být platným členem kolektivu a dostávají se do sociální izolace.

Žáci se musí při společné práci dorozumívat, dávají si pokyny, vyměňují si informace. Poměrně rozvinutou podobu má komunikace při společném řešení problému, kdy dochází mnohdy i k ostřejší výměně názorů. Komunikace tedy umožňuje sociální interakci.

Sdružení lidí, mezi nimiž se vytvořily nějaké vzájemné vztahy, se nazývají v sociální psychologii skupiny /Rozsypalová, Čechová, Mellanová 2003/. Pro hodiny laboratorních cvičení je běžná třída rozdělena na dvě poloviny, buď dle úrovně jazykové nebo dle jejich schopností v předmětu Informatika, tedy z hlediska chemie zcela náhodně. V rámci této skupiny se vytvoří nové vzájemné vztahy mezi jednotlivými žáky a určitá míra organizace skupiny (např. služba na mazání tabule, přípravu pomůcek, aj.). V rámci této, přibližně šestnáctičlenné skupiny, jsou žáci rozděleni do menších skupin, které pracují na chemickém pokusu.

V naší škole (gymnázium Písnická) lze z prostorových důvodů vytvořit maximálně šest skupin. Žáci pracují většinou po třech, v případě absence některých po dvou. Všichni členové nemají ve skupině stejné postavení. Často žák, který je ve třídě pouze akceptován a není nijak ostatními vyhledáván, protože je tichý a studiamilovný, při laboratorních pracích je naopak pro své vědomosti uznáván a vyhledáván ostatními žáky a stává se automaticky vedoucím skupiny. Na druhou stranu někteří „oblíbení třídní vtipálkové“ jsou schopni ve skupině vykonávat pouze pomocné činnosti.

Skupina může mít, na jedince buď příznivý vliv (např. požaduje kvalitní odvedení práce), ale i nepříznivý, v případě, že nutí jedince vzdát se svého vlastního názoru. Velmi zajímavá situace nastává v případě, že několik žáků při laboratorních cvičeních chybí. Žáci ve skupinách promíchají a zvláště špatně fungující skupiny možná zjistí, kde dělají v komunikaci a v postojích k plnění úkolů chyby. Úroveň spolupráce v rámci skupiny závisí na sociálním chování jednotlivých členů, zda se chovají k ostatním prosociálně nebo nepřátelsky, zda a proč vyvolávají konflikty. Konflikt ve skupině může být vyvolán nedostatečnou organizací práce (čeká se na vážení, chybí pomůcky), rozdílnými názory na postup při práci, různým přístupem k práci (někdo se práci vyhýbá), nestejným stupněm odpovědnosti (někdo je nedbalý), zkrácenými představami o schopnostech jednotlivých členů (podceňování nebo přeceňování sebe sama nebo druhého), vlastnostmi temperamentu (bezohlednost) nebo negativními rysy charakteru (nesnášenlivost). Upraveno dle /Rozsypalová, Čechová, Neklanová 2003/.

Pozorovat skupinu žáků při práci během laboratorních cvičení je, jak vyplývá z celé kapitoly, nesmírně zajímavé a podnětné. Musíme si ale uvědomit, že učitel v takové hodině není pouhý porovatel, ale každou vypozerovanou jednotlivost, zvláště pokud se týká počínajícího konfliktu, musí řešit (a k tomu pouhé pozorování chování žáků napomůže). Kromě toho hlavním úkolem učitele je bezpečnost práce, potom správné zvládnutí zadaných úkolů všemi žáky, porovnání výsledků a správného zhodnocení a ověření pochopení celé problematiky i v širších souvislostech.

### **3.2.5 Realizace chemických pokusů ve výuce analytické chemie**

Rozhodující význam pro výběr žákovského i demonstračního pokusu je bezpečnost při pokusu. Při výběru chemického pokusu je tedy nezbytné volit takové provedení vybraného pokusu, které je v daných podmínkách bezpečné. Možná rizika snížíme tím, že již například od sekundy se žáky provádíme jednoduché pokusy, učíme je používat (a nerozbít) chemické sklo, chovat se v laboratoři. Ve vyšších ročnících si pak žáci

snadněji zapamatují, jak mají bezpečně pracovat, protože základy se již postupně naučili.

Další omezující podmínkou při výběru chemického pokusu je jeho časová náročnost. Analytické laboratorní práce trvají dvě vyučovací hodiny, takže se zdá, že času je dost. Nebývá tomu tak, protože začátek je věnován vysvětlení principu úlohy, přípravě aparatur, vážení a odměřování roztoků. A to za předpokladu, že učitel samozřejmě vše potřebné připravil před hodinou. Stále je nutné během celé doby sledovat čas, žáky povzbuzovat tak, aby na konci cvičení zbylo dostatek času na zhodnocení výsledků a formulaci závěrů.

Některé pokusy je možné dokončit až v příštím praktiku, např. zvážit výtěžek po vysušení látky, ale toto s sebou nese některé problémy v případě, že někdo chybí nebo chyběl minule, někdo už zapomněl, co se minule dělalo atd. Doporučuji, aby pokus proběhl v rámci jednoho praktika. Dlouhodobější úlohy lze provádět např. v semináři, kde žáci mají poněkud větší zájem a lepší přístup k práci.

V současné době je kladen stále větší důraz na ekonomickou nenáročnost školních chemických pokusů. Je to způsobeno především cenou chemikálií potřebných k jeho provedení. Např. cena dusičnanu stříbrného je velmi vysoká, proto je finančně výhodnější provádět důkazy redukujících sacharidů pomocí Fehlingova činidla a nikoliv pomocí Tollensova činidla. Také při možnosti vybrat si z velkého počtu volumetrických metod vůbec není nutné se studenty provádět argentometrii, ale zvolit metodu jinou.

Pokusy vybíráme v návaznosti na učivo a pokud máme možnost např. celého roku analytických praktik, podle určitého logického sledu, tak aby žáci postupovali od jednoduššího ke složitějšímu.

Ačkoliv analytická chemie není výslovně zakotvena v RVP ve formě samostatného celku, řada praktických experimentů je založena na metodách vycházejících z analytické chemie, třebaže se experimenty vztahují k jevům a dějům v anorganické, organické či obecné chemii. Analytickou chemii neřadily explicitně samostatně do učebního obsahu chemie na SŠ ani dřívější standardy učiva a učební osnovy, které platily u nás od 80. let 20. století.

Důležitost analytické chemie však spočívá v tom, že vede žáky k přesnému pozorování, k přesné práci, k samostatnému odvozování a vysvětlování pozorovaných a zjištěných výsledků.

### 3.2.6 Organizace práce v laboratorním cvičení

Dříve, než učitel rozhodne koncepci pokusu nebo experimentální práci žáků, musí uvážit všechny obsahové a jevové náležitosti vlastního chemického děje, jehož průběh a výsledky mají být zkoumány. Je třeba, aby průběh pokusu byl zcela bezpečný, výsledky dostatečně názorné a přesvědčivé.

U každého experimentu je třeba, aby se učitel zamyslel, proč ho chce zařadit, porovnal vybraný pokus s učebními osnovami, svými vlastními zkušenostmi, zohlednil vědomostní a dovednostní možnosti žáků související s pokusem. Obzvláště je vhodné, pokud pokus přesahuje rámec chemie, poukázat na mezipředmětové vztahy a vřadit ho mezi výchovně vzdělávací postupy směřující k utváření klíčových kompetencí. U žákovských experimentů jsou prakticky vždy utvářeny a rozvíjeny kompetence pracovní, sociální, k řešení problémů, k učení a příležitostně i další.



Na tuto teoretickou přípravu navazuje příprava experimentální, která zahrnuje přezkoušení pokusu, aparatury, přípravu chemikálií. V každém případě i pokud učitel přebírá experimentální úlohu z literatury, ale dělá ji poprvé nebo s pozměněným postupem, je třeba úlohu předem vyzkoušet a chemické látky mít připravené a namíchané den předem. Některé chemické látky se dlouho rozpouštějí, nelze ihned pracovat s naředěnými kyselinami, protože jsou horké nebo učitel ráno přinese studenou destilovanou vodu a ta se během hodiny temperuje, atd.

Při vlastním provádění experimentů musí být žáci poučeni, že nesmějí měnit postup práce, musí dbát na bezpečnost, udržovat čistotu chemikálií, dodržovat dobu trvání jednotlivých operací. Učitel neustále dohlíží na jednotlivé skupinky žáků a radí, jak pokračovat.

Po ukončení pokusu následuje úklid, mytí nádobí a likvidace odpadu. Učitel opět na vše dohlíží. Žáci postupně dopočítávají výpočty a formulují výsledky do protokolu.

Dle možností laboratoře pracují žáci ve dvojicích nebo skupinkách. Je výhodné, pokud jsou skupinky co do dovedností vyrovnané, pokud je jeden žák šikovný na experimentální část, druhý např. na výpočty a třetí čistotný, pečlivý např. při vážení, úklidu atd. Je také vhodné na konci hodiny získat a na tabuli zapsat výsledky všech skupin, porovnat a případně prodiskutovat, proč se některá skupina ve výsledcích výrazně lišila.

Je třeba více motivovat žáky, aby více přemýšleli o podmínkách, za kterých pokus probíhá, může nebo nemůže probíhat, které podmínky ovlivní výsledek, aby tyto úvahy formulovali do protokolu a nepsali pouze zjištění, že se pokus povedl nebo že zjistili, že je ocet opravdu osmiprocentní.

### 3.2.7 Vybavení školní laboratoře

Školní chemická laboratoř by měla být alespoň základně vybavena pro laboratorní práce z chemie. Vybavenost na jednotlivých školách se poměrně hodně liší. Na starších školách bývají laboratoře velké, stoly uspořádané tak, že žáci mohou pracovat každý sám, běžné jsou digestoře, prostorné police na chemické sklo a chemikálie. Při bližším ohledání můžeme zjistit, že rozvody plynu nebo digestoře již nefungují, odpady jsou ucpané a pokusy je nutno pečlivě vybírat tak, aby bylo možno provádět alespoň některé. Na jiných školách si učitelé stěžují na to, že nemají digestoř, analytické váhy a další důležité vybavení. Zde nastávají dvě možnosti. Laboratorní cvičení omezit na nejnutnější míru nebo i v těchto podmínkách vybrat takové úlohy, které je možno realizovat. A i takových úloh je nepřehledné množství. Bylo by sice hezké naučit žáky vážit na analytických vahách, ale jejich další práce během pokusu je tak nepřesná, a dochází k velkým ztrátám produktů, že je otázkou, zda jsou analytické váhy opravdu pro analytickou chemii na střední škole tak nutné.

Samozřejmě, bez některého vybavení se opravdu chemická laboratoř neobejde. Například je třeba, aby laboratoř byla vybavena velkými stabilními stoly s nehořlavým povrchem, odolným vůči působení běžných chemikálií. Každý stůl by měl mít přívod plynu, vody, popřípadě elektřiny.

V některých školách se v chemické laboratoři z prostorových důvodů učí i jiné předměty, proto bývají u stolů židličky, které lze ale postavit tak, aby nebránily práci ve stoje.

Pokud je místo, mohou být u každého stolu skříňky nebo zásuvky s chemickým nádobím a pomůckami. Osvědčuje se více, když je vše uloženo centrálně ve skříních a učitel každé skupině pomůcky předem připravuje. Starší žáci si mohou připravit to co potřebují sami. Zamezí se tak velkému nepořádku a je lepší kontrola při úklidu. Přívod plynu a elektřiny je třeba zavírat a zamykat, protože hrozí rychlé poničení.

Na některých školách jsou soupravy pro chemické pokusy a sety pro jednotlivé pokusy, např. analýzu vody, což je velká výhoda, protože taková sada obsahuje vše potřebné a učitel nemusí shánět a vymýšlet z čeho a jak aparaturu sestavit.

Práci s plyny a dráždivými látkami provádíme v digestoři - pokud není, takové pokusy vynecháme.

V analytické chemii používáme téměř výhradně vodu destilovanou, na některých školách jsou destilační přístroje, jinde je nutné vodu kupovat. Stojí za to zjistit, kde se prodává destilovaná voda nalévaná, a tedy lacinější.

Pro chemickou i biologickou práci je důležitá chladnička s možností namrazit např. led nebo uchovat některé látky. Velikou časovou úsporou je myčka nádobí, která nemusí být specializovaná, pro práci několika cvičení týdně vystačí běžná myčka používaná v domácnosti.

Rozbité sklo a použité chemikálie odkládáme do speciálních nádob s nepropustnými stěnami.

Nezbytná je dobře vybavená lékárnička, ochranné pomůcky jako brýle, ochranný štít, rukavice a hasicí přístroj.

Pro některé práce můžeme využít i mikrovlnnou troubu, elektrický vařič a samozřejmě kahany. Dalším používaným zařízením jsou míchačky nebo vývěvy. K vážení dnes většinou používáme elektronické váhy, kvalitní analytické váhy všechny školy nemají.

K některým pokusům je možno využít mikroskopů z kabinetu biologie. Je na nich možné pozorovat vznikající krystaly látek.

Pro chemickou laboratoř je dnes již téměř nezbytný počítač s dataprojektorem. Jednak je možno promítnout žákům zadání úloh, některé nebezpečné pokusy ukázat formou videa a hlavně některé přístroje a datalogery, které i střední škola (např. pomocí grantu) získá, lze propojit s počítačem a naměřená data tak vyhodnotit. Žáci pak sami mohou vytvořit graf nebo tabulku z naměřených hodnot.

V chemických praktikách by se především mělo laborovat, ale je určitě na každé škole možné domluvit alespoň jednou za pololetí počítačovou pracovnu a naučit žáky pracovat s některými programy (např. ChemSketch), které mohou využít při psaní protokolů nebo prezentacích.

### **3.2.8 Bezpečnost práce ve školní laboratoři**

Provádění školních chemických pokusů je vždy spojeno s určitým nebezpečím, které plyne z práce s chemikáliemi, z možnosti poranění při práci se sklem, z možnosti požáru, apod.

Dodržování zásad bezpečnosti a ochrany zdraví při laboratorních pracích a pokusech je potřeba považovat za povinnost každého učitele. Znalost základních zákonů, vládních nařízení, předpisů, směrnic a norem učitelé umožňuje vést žáky v procesu výchovy a

vzdělávání k uvědomělé disciplíně, vytváření správných pracovních návyků a zároveň rozvíjet jejich sociální a personální kompetence.

Pravidla pro používání chemických látek jsou součástí zákonů, vyhlášek a nařízení vlády – např. zákony č. 356/2003 Sb. – Zákon o chemických látkách a chemických přípravcích, č. 258/2000 Sb. a následující předpisy o ochraně veřejného zdraví; vyhlášky č. 232/2004 Sb., 369/2005 Sb., 288/2003 Sb., 219/2004 Sb. a nařízení vlády č. 114/1999, 19/2003, 460/2005, novely č. 28 a 135/2007 Sb. a č. 258/2001 Sb., které se týkají ochrany veřejného zdraví, nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky, včetně seznamů nebezpečných chemických látek i chemických látek na našem trhu zakázaných. Zákony jsou neustále novelizovány, proto i informace, které z nich vyplývají, zůstávají aktuální pouze do další změny.

Pokud škola používá vysoce toxické, žíravé, karcinogenní látky (označené R-větou 45 nebo 49), mutagenní látky (označené R-větou 46) nebo látky toxické pro reprodukci (označené R-větou 60 nebo 61), pak musí všechny zaměstnance, případně žáky, kteří je používají, prokazatelně seznámit s nebezpečnými vlastnostmi těchto látek a přípravků, se zásadami ochrany zdraví, životního prostředí a se zásadami předlékařské první pomoci a všechny uvedené informace včetně postupu v případě nehody musí vydat formou písemných pravidel pro používání těchto látek. Práci s vysoce toxickými látkami smí provádět a zabezpečovat pouze odborně způsobilá fyzická osoba, mladistvým je zakázána.

Nakládání s nebezpečnými chemickými látkami upravuje zákon č. 258/2000 Sb. ve znění zákona č. 189/2006 Sb. Pro školy jsou důležitá zvláště následující ustanovení :

Žáci 2. stupně ZŠ a nižšího stupně víceletých gymnázií (od 10 do 15 let) mohou např. pracovat s nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky, klasifikovanými jako C – žíravé, jestliže jsou tyto látky součástí výrobků, které splňují technické požadavky na hračky, stanovené zvláštními předpisy (hračkou je např. souprava „Malý chemik“). Pod dohledem učitele (odborně způsobilé osoby) pak mohou pracovat s chemickými látkami a přípravky označenými C, X<sub>n</sub> a X<sub>i</sub> – žíravé, zdraví škodlivé a dráždivé v koncentracích nižších než minimální (1%) a F+ a F – extrémně hořlavé a hořlavé, nejde-li o jejich používání v laboratořích (podle vyhl. 432/2003 Sb.). Uvedení žáci nemohou pracovat s látkami výbušnými E, vysoce toxickými (T+), toxickými (T), žíravými C, karcinogenními, mutagenními a toxickými pro reprodukci (zákon č. 258/2000 Sb.).

Žáci čtyřletých gymnázií a vyššího stupně víceletých gymnázií (od 15 do 18 let) mohou nakládat pod přímým dohledem odpovědné osoby nejen s látkami hořlavými, vysoce hořlavými (F), extrémně hořlavými (F+), oxidujícími (O), zdraví škodlivými (X<sub>n</sub>), dráždivými (X<sub>i</sub>), senzibilizujícími a nebezpečnými pro životní prostředí (N), ale i s látkami toxickými (T) a žíravými. Pod dohledem odborně způsobilé (autorizované) osoby mohou pracovat i s látkami vysoce toxickými (T+). Pro nakládání s látkami karcinogenními, mutagenními a toxickými pro reprodukci označenými výše uvedenými R-větami je nutné prokazatelně zaškolení žáků, zejména při přípravě na povolání /Marvánová, Čtrnáctová, Vasileská 2007/.

V případě, že je potřeba pracovat s chemikáliemi, které žáci nesmí používat, musí tyto pokusy předvádět učitel pouze demonstračně (zákon č. 356/2003 Sb. a následující předpisy).

Z legislativy vyplývá povinnost každého z učitelů, aby při provádění pokusů dodržoval veškeré zásady bezpečnosti práce a dbal na ochranu zdraví žáků s ohledem na jejich věk.

Toto jsou předpisy vyplývající z legislativy. Každá škola musí mít pro práci v biologických, fyzikálních a chemických laboratořích řád, který je veřejně vyvěšen a na začátku školního roku probrán se žáky.

Laboratorní řád se týká hlavně pravidel zacházení s kyselinami, louhy, amoniakem a zacházení s chemikáliemi obecně. Dále zacházení s hořlavinami a ohněm. Ve školním řádu jsou uvedena speciální pravidla, která jsou důležitá a specifická na konkrétní škole, v konkrétní laboratoři a týkají se např. únikových cest, umístění hasících přístrojů, ukládání osobních věcí žáků, umístění lékárničky, osobní ochranné pomůcky (chemický plášť, podle potřeby rukavice, ochranné brýle nebo štít). Zásady bezpečné práce v laboratoři zformulované do laboratorního řádu učitel se žáky probere během prvního laboratorního cvičení, ale to neznamená, že během roku nejsou stále zmiňovány. Například práci s kyselinami, hydroxidy a používání kahanu procvičují žáci průběžně a učitel musí stále sledovat, jestli je vše v pořádku. I po několikerém poučení žáci mohou udělat chybu. V kterémkoliv praktiku hrozí rozbití skla, zvrhnutí horkého roztoku a i v těchto případech je důležité předchozí poučení a hlavně kontrola bezpečné práce.

Problematika nebezpečných látek je významná nejen tím, že ztráta kontroly nad těmito látkami znamená velký problém pro zdraví lidí, zvířat a jejich životy, ale také pro životní prostředí. Rychlý růst používání nebezpečných látek v průmyslu, obchodě, jejich skladování a přepravování, zvyšuje rizika pro člověka i životní prostředí. Tato rizika lze alespoň částečně snížit znalostí dostatečného množství informací pro bezpečné nakládání s nimi a především dodržováním principu předběžné opatrnosti při uvádění jakékoliv nové látky do životního prostředí.

Důsledné zásady bezpečnosti práce v chemické laboratoři a jejich kontrola nejsou důležité tedy pouze pro okamžitou bezpečnost žáků, ale mají i výchovný význam do budoucnosti při používání nebezpečných nebo neznámých látek.

### **3.3 Výuka chemie pomocí školního vzdělávacího projektu**

České školství se soustavně snaží o celkovou modernizaci vyučovacího procesu, postupný odklon od encyklopedického pojetí výuky, o podporu mezipředmětových vztahů, o volbu rozmanitých metod a forem prezentace učiva. Je snaha aktivizovat a motivovat žáky k samostatné práci a k prezentování výsledků jejich práce. Proto se mezi klasické organizační formy práce jako je vyučovací hodina, praktické cvičení, práce v terénu a exkurze zařadily školní projekty. Školní projekty kombinují široké spektrum forem a metod práce, kladou důraz na samostatnost řešení úkolů, podporují samostatný úsudek žáků a staly se tak, zvláště mezi žáky, velmi oblíbeným zpestřením a zatraktivněním výuky.

Projektová metoda je vyučovací metoda, při které jsou žáci vedni k samostatnému zpracování určitých projektů a k získávání zkušenosti praktickou činností a experimentováním. Je odvozena z pragmatické pedagogiky a principu instrumentalismu. Je to jedna z nejvýznamnějších metod, která podporuje motivaci žáků a kooperativní učení /Průcha, Walterová, Mareš 2001/.

Není pochyb o tom, že se zvyšují požadavky na mladé lidi, přicházející do praxe ze středních nebo vysokých škol. Požaduje se po nich kreativita, rychlá adaptace, rozhodnost, samostatnost, odpovědnost, spolupráce členů týmu. Na školu se zřetelně přesouvá čím dál větší odpovědnost za rozvoj takových stránek osobnosti, které vedou

ke spolupráci na úkolu, k umění odložit individualismus ve prospěch fungování celku, k vytváření klimatu pro sdílení. Toto vše pomáhá vytvářet kooperativní učení a výuka pomocí školních projektů /Kasíková 1997/. Jedná se v podstatě o nácvik projektových úloh pro život.

Projektové vyučování spojené s řešením školních projektů však neslouží pouze k pobavení žáků, tak jak si stále někteří z nich představují, ale k získávání prakticky všech klíčových kompetencí využitelných v životě a v dalším vzdělávání. Žáci mají poměrně často pocit, že známka, kterou získají na základě práce na projektu není souměřitelná se známkou z písemného testu, protože test je podle nich obtížnější. A přitom celý problém spočívá hlavně v motivaci. Na test se „musí“ žáci učit, což je zatěžuje víc než práce na projektu, který sami dělat chtějí (pokud jsou správně motivováni). A dokonce množství získaných poznatků je během práce na projektu daleko větší, než během nedostatečné přípravy na test.

Vzhledem k tomu, že toto téma není hlavní náplní mé práce, zmíním se o školních projektech pouze stručně. Nelze totiž např. ani během sestavování celoročního plánu Praktických cvičení z analytické chemie nenaplánovat a nevyužít možnosti vytvoření přírodovědného projektu, který se přímo k některému tématu nabízí. Velmi podrobně, přehledně a pro školní praxi využitelně je tato problematika zpracovaná v publikaci Přírodovědné projekty pro gymnázia a střední školy /Šulcová, Pisková 2008/.

Projektové vyučování neodstraňuje klasické formy vyučování, ale vyplňuje jejich mezery. Jedná se o doplněk, který prohlubuje a rozšiřuje kvalitu výuky. Je založeno na řešení komplexních teoretických nebo praktických problémů na základě aktivní činnosti žáků /Skalková 2007/.

Projekty mohou mít formu integrovaných témat, praktických problémů ze životní reality nebo praktické činnosti vedoucí k vytvoření nějakého produktu /Průcha, Walterová, Mareš 2001/. Žáci mají s pomocí učitele řešit určitý úkol komplexního charakteru (projekt), který vychází z praktických potřeb nebo je s praxí propojený /Kalhous, Obst a kol. 2002/. Zvolený úkol musí být pro žáky natolik zajímavý, aby jej se zájmem řešili. Měl by souviset i s mimoškolní realitou, neměl by pouze prezentovat skutečnosti z učebnic. Je také vhodné volit témata napříč vyučovacím předmětem nebo předměty, nejlépe pokud jsou přímo průřezová (např. témata týkající se ochrany zdraví nebo životního prostředí). Některá literatura např. /Singule 1992/ doporučuje, aby žáci měli vliv na výběr tématu. Nedovedu si však představit, jak se třída žáků dokáže poměrně rychle domluvit, pokud je jim ponechána úplná volnost volby a jak případné téma koresponduje alespoň vzdáleně s tím, co se v běžných hodinách probírá. Témat pro přírodovědné projekty lze vymyslet nepřeberné množství, ale vždy je třeba zohlednit, pro který ročník a předmět je téma vhodné. V průběhu jednoho pololetí doporučuji pro jednu třídu realizovat maximálně jeden projekt.

Při realizaci projektu musíme respektovat základní čtyři kroky /Valenta 1993/:

- Nejprve je třeba zpracovat záměr projektu, stanovit cíle, stanovit o co v projektu přesně půjde.
- Druhá fáze je zpracování plánu, konkretizování jednotlivých kroků. I do těchto přípravných kroků je třeba, aby se iniciativně zapojili žáci.
- Následuje provedení projektu dle časového harmonogramu.
- Poslední fází je vyhodnocení projektu, na němž se podílejí společně žáci i učitel, a zveřejnění výsledků práce.

Publikace Rozbor klíčových kompetencí výchovy k udržitelnému rozvoji /Švecová 2006/ předchází kroky poněkud konkretizuje a uvádí, že při přípravě projektů by si učitel měl být vědom několika zásad a dodržovat je :

- Vybrat a formulovat vhodné problémy.
- Ve spolupráci se žáky stanovit pracovní hypotézu vhodnou pro žáky určité věkové kategorie.
- Rozpracovat úkoly pro jednotlivce i celé týmy žáků
- Jasně stanovit kritéria hodnocení výstupů prací žáků.
- Zajistit prezentaci výsledků řešení projektu a jejich zveřejnění (na nástěnce).

Podle rozsahu rozeznáváme projekty individuální (na projektu pracuje každý sám), skupinové, třídní nebo školní. Podle délky projekty dlouhodobé (celoroční) a krátkodobé (zpravidla jednodenní). Z hlediska nároků na provoz školy jsou vhodnější projekty krátkodobé, které mohou proběhnout během jednoho dopoledne. I tato forma je však poněkud náročná na organizaci. Po dlouholetých zkušenostech s výukou na gymnáziu doporučuji projekt připravit, realizovat a v rámci třídy nebo skupiny žáků vyhodnotit jeho prezentaci pro širší veřejnost (jiné třídy, celou školu) připravit v použitelné formě a následně využít vhodný čas během školního roku – koncem pololetí, před vánocemi, zapojit ho do programu Dne Země, atd.

Při projektovém vyučování samostatná činnost žáků spočívá ve vyhledávání informací s využitím knihovny, internetu, dále ve shromažďování dokumentace materiální i fotografické. Žáci se mohou podílet i na organizování exkurzí a besed. Žáci se mohou samostatně podílet i na zveřejnění výsledků řešení projektu, mohou vytvořit nástěnku, poster, moderovat žákovskou konferenci, vystoupit na veřejnosti apod.

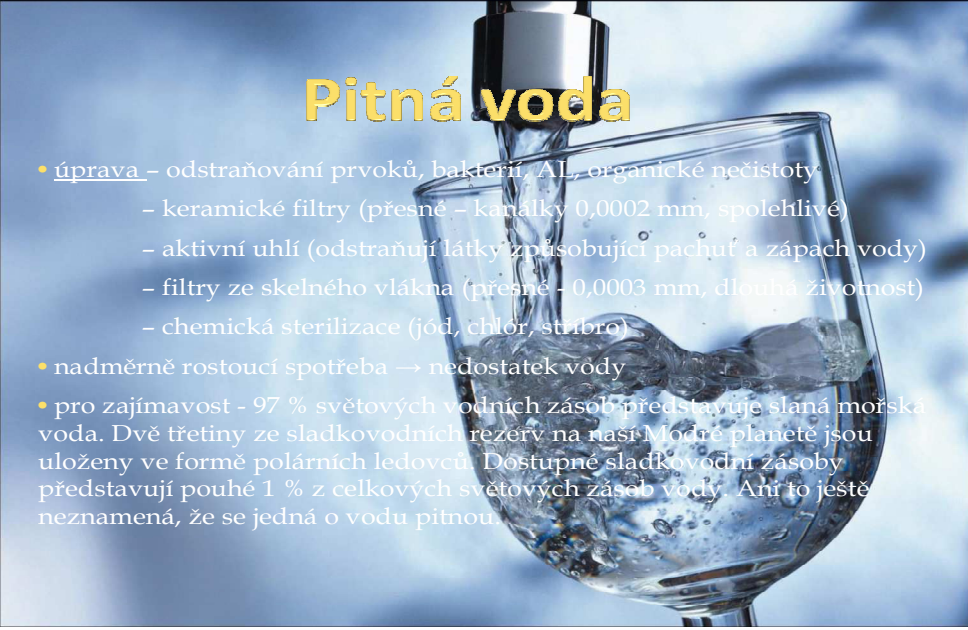
Učitel průběžně kontroluje postup řešení projektu, konzultuje jednotlivé kroky, plní funkci manažera, usměrňuje činnost žáků a vede je k úspěšnému závěru projektu.

Během působení na gymnáziu Písnická jsem realizovala několik projektů. Prvním byl v roce 1996 projekt s názvem Kyselý déšť, který byl nabídnut školám Sdružením pro ekologickou výchovu Tereza. Jednalo se o dlouhodobé měření a vyhodnocování srážek, kterým naše škola přispěla k celorepublikovým i mezinárodním výsledkům. Projekt řešili žáci sekundy, kteří se prvním rokem seznamovali s chemií. Projekt velmi vhodně doplňoval učivo a žáci měli i pocit vlastní důležitosti a důležitosti chemie i v tak jednoduché formě. Také bylo možné vzájemně porovnávat výsledky získané z okolí školy s výsledky z jiných míst v České republice, ale i po celé Evropě.

V letech 2005–2007 se naše škola - gymnázium Písnická, zapojila do dvouletého projektu pražských škol Ekogramotnost viz kapitola 4.5.1. Ostatní projekty byly krátkodobé v rámci biologie nebo chemie, i když tématicky jednotlivé předměty přesahovaly a zasahovaly i do fyziky nebo dalších předmětů. Tématicky spadající převážně do chemie to byl například projekt Obnovitelné a neobnovitelné zdroje, který řešila kvarta viz foto č. 1. V sextě žáci každý rok společně pracují na projektu Přechodné kovy. Skupina žáků sexty v roce 2010 vypracovala interdisciplinární projekt s názvem Půdy na pomezí biologie, chemie a zeměpisu.

Největším projektem, na kterém pracovala také sexta (školní rok 2009–2010), byl projekt s názvem Voda. Propojili jsme tak znalosti a zájem skupiny žáků, kteří navštěvovali Ekologický seminář s celou třídou, která v rámci chemických praktik měla analytickou chemii a tedy i úlohy, které se týkaly např. minerálních vod, tvrdosti vody, alkality pitné vody, atd. viz foto č. 4 a kapitola 4.5.1. Výsledky tohoto projektu využijeme i v rámci akcí k Mezinárodnímu dni vody.

Pro přípravu tohoto projektu jsem použila zadání projektu Voda ze všech stran z publikace Přírodovědné projekty pro gymnázia a střední školy /Šulcová, Pisková 2008/. Zajímalo mě, zda je takové zadání opravdu může učitel přenést do výuky a jak se s ním žáci vyrovnají. Sice jsem nevyužila z časových důvodů všechny pracovní listy, ale velmi dobře se osvědčily témata a úkoly /Šulcová, Pisková 2008, str.20–23/, které jsem zadala žákům jako možnou osnovu pro vytvoření prezentací. Žáci pracovali ve dvojicích a výsledkem je šest prezentací s tématy: Voda z pohledu biologického, fyzikálního, chemického, geologického a geografického, ekologického a klimatologického, historického a společenského. Jako ukázkou jsem vybrala pouze několik snímků z PowerPointových prezentací – obrázek 1. Celá prezentace je v příloze na CD pod názvem Přírodovědný projekt Voda.




## Pitná voda

- úprava – odstraňování prvků, bakterií, AL, organické nečistoty
  - keramické filtry (přesné – kanálky 0,0002 mm, spolehlivé)
  - aktivní uhlí (odstraňují látky způsobující pachů a zápach vody)
  - filtry ze skelného vlákna (přesné - 0,0003 mm, dlouhá životnost)
  - chemická sterilizace (jód, chlor, stříbro)
- nadměrně rostoucí spotřeba → nedostatek vody
- pro zajímavost - 97 % světových vodních zásob představuje slaná mořská voda. Dvě třetiny ze sladkovodních rezerv na naší Modré planetě jsou uloženy ve formě polárních ledovců. Dostupné sladkovodní zásoby představují pouhé 1 % z celkových světových zásob vody. Ani to ještě neznamená, že se jedná o vodu pitnou.

## Voda ve vesmíru

- v molekulárních mračnách v mezihvězdném prostoru.
- Jádra komet obsahují desítky procent vody.
- některé měsíce planet jsou převážně tvořeny vodou v pevném skupenství.
- plynná (vodní pára)
  - Merkur 3,4 % v atmosféře
  - Země – stopy, záleží na podnebí
  - Mars 0,03% v atm.
  - Jupiter 0,1 % v atmosféře
  - Saturn 0,1 % v atmosféře
  - Enceladus (měsíc planety Saturn) – 100 % v atmosféře
- kapalná:
  - Země – 71 % povrchu
  - Europa (měsíc planety Jupiter) – náznaky, protože na povrchu je led
- zmrzlá voda (led)
  - Mars – výskyt na pólech
  - Pluto – odhad, že led tvoří asi 30 % Pluta
  - Europa (měsíc planety Jupiter) – na povrchu
  - komety – předpoklad



## Vlastnosti vody

- Hustota 0,99997 g/cm<sup>3</sup>
- Teplota tání 0 °C
- Teplota varu 100 °C
- Bod tuhnutí 0 °C
- Anomálie – největší hustota vody při 4 °C
- Povrchové napětí
- Vzlak

## vodíkové můstky

silně polární vazba

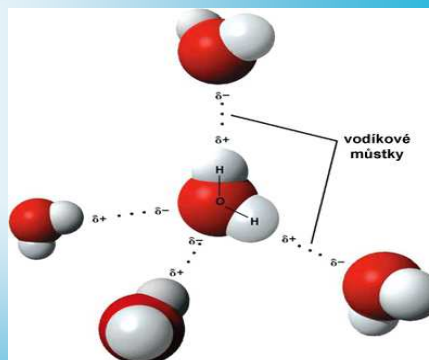
pouze mezi H + F, O, N

vazebný elektronový pár je posunut k elektronegativnějšímu atomu (F,O,N) → vodík může vytvořit slabou vazbu s volným elektronovým párem na atomu další molekuly

způsobuje neobvyklé vlastnosti vody např.

za norm. podmínek je kapalná (H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>Se – plyny)  
vysoký bod varu vody

i u ledu



## led

pevné skupenství vody

krystalová mřížka

vodíkové můstky

nižší hustota než kapalná voda → voda při tuhnutí zvětšuje objem  
modifikace ledu:

teplota 0°C, p=norm. → krystaluje v šesterečné soustavě, velké dutiny – vodíkové vazby, nižší hustota než kapalná H<sub>2</sub>O

teplota – 80°C až –100°C, p=nízký → krychlová soustava, přibližně stejná hustota

teplota – 110°C a méně → amorfní modifikace

vysoký tlak → dalších 6 modifikací, vyšší hustota než kapalná H<sub>2</sub>O

Obrázek 1: Projekt Voda – ukázky z prezentací



## 4 PRAKTICKÁ ČÁST

### 4.1 Charakteristika vyučovacího předmětu chemie na gymnáziu

Chemie je podle RVP /Kolektiv autorů<sup>2)3)</sup> 2007/ součástí vzdělávací oblasti Člověk a příroda a svým charakterem výuky umožňuje žákům hlouběji porozumět zákonitostem přírodních procesů a tím si uvědomit i užitečnost přírodovědných poznatků a jejich aplikaci v praktickém životě. Při použití specifických poznávacích metod, jakými jsou chemické pokusy si žáci osvojují i důležité dovednosti. Jedná se především o rozvíjení dovedností soustavně, objektivně a spolehlivě pozorovat, experimentovat a měřit, vytvářet a ověřovat hypotézy, analyzovat výsledky a vyvozovat z nich závěry. Žáci se tak učí zkoumat příčiny přírodních procesů, klást si otázky, hledat na ně odpovědi, řešit praktické problémy, využívat poznání zákonitosti přírodních procesů pro jejich předvídání nebo ovlivňování.

Učivo je ve škole, kde vyučují, rozděleno do třech ročníků a vyučuje se po dvou hodinách týdně. V kvintě a sextě (prvním a druhém ročníku) jsou vyučovací hodiny posíleny o 1 hodinu laboratorních prací týdně. Na nižším stupni gymnázia je učivo také rozděleno do třech ročníků. V sekundě je 1 vyučovací hodina posílena o 0,5 hodiny Laboratorní techniky týdně. V tercii a kvartě je chemie vyučována 2 hodiny týdně /ŠVP gym. Písnická 2007/.

V septimě a oktávě si žáci volí dvouhodinový seminář. Seminářů je nabízeno několik s rozdílnou náplní podle požadavků a potřeb žáků. Žáci, kteří chtějí maturovat z chemie nebo potřebují chemii znát k přijímacím zkouškám na vysoké školy, většinou volí předmět Seminář z chemie. V tomto semináři jsou opakovány jednotlivé maturitní okruhy, učivo je doplňováno o témata, která byla v předchozích ročnících probírána pouze rámcově (např. výpočty pH slabých kyselin, tvary molekul, aj.). Důraz je kladen na procvičování názvosloví, sestavování a úpravu chemických reakcí nebo chemické výpočty. Žáci znají celoroční harmonogram probíraných nebo opakovaných témat a na každou hodinu by měli být připraveni tak, aby se mohli zeptat, pokud něčemu neporozuměli, řeší úlohy, příklady a reakce, které se vztahují k tématu. Hodiny jsou vedeny formou aktivního rozhovoru žáka s učitelem na dané téma. Žáci jsou hodnoceni za ústní prezentaci svých znalostí a vědomostí a jedenkrát za tři týdny řeší i krátké písemné testy.

Žáci, kteří nechtějí volit humanitní semináře a na matematický nebo fyzikální seminář již chodí, s oblibou volí Seminář praktické chemie. Jednotlivé hodiny mají poněkud odlišný charakter, ve srovnání s klasickým seminářem pro maturanty. Žáci znají předem celoroční harmonogram jednotlivých témat, vědí přesně, které téma bude další hodinu probíráno a mohou si připravit vhodný příspěvek. Jsou klasifikováni právě za tyto příspěvky, referáty, prezentace, nikoliv za testy a zkoušení. Témata volím tak, aby navazovala na již dříve probírané učivo v hodinách chemie, ale aby měla vztah k praktickému životu, výrobním technologiím, často na pokraji chemie a fyziky, ekologie, biologie, každý týden z jiného oboru (např. Pojiva, Polymery, Motorová paliva, Sklo a keramika, Obalové technologie, Nízkoenergetické a pasívní stavby, Léčiva, Cizorodé látky v organismech, Elektrochemické zdroje napětí, Osvětlovací technologie). Důvody, proč volím každý týden jiné, krátkodobé téma jsou dva. Nechci zatěžovat maturanty, kteří se připravují většinou na zcela jiné obory dlouhodobými projekty a hlavně i žákům, kteří chemii studovat nebudou je vhodné ukázat rozmanité zajímavosti chemie, její vztah k jiným oborům a důležitost jejího alespoň základního

pochopení pro život. Žáci většinou připraví celý dvouhodinový seminář sami a učitel plní pouze v roli moderátora. Žáci také často žasnou, jaké netušené znalosti jejich spolužáci mají. Za důležité považují to, že žáci prezentují informace, formulují své myšlenky a rozvíjejí tak většinu kompetencí – viz níže. Pro učitele to samozřejmě vyžaduje daleko rozsáhlejší přípravu než do klasických hodin chemie. Je třeba sledovat v jednotlivých oborech nové technologie, postupy a množství informací. A navíc připravit otázky, pracovní listy a prezentace didakticky promyšlené, protože na takto sestavený seminář není žádná gymnaziální učebnice. Ze středoškolských učebnic lze použít Zbožíznalství 1, 2 pro obchodní akademie a ostatní střední školy /Cvrček a kol. 2005/, speciální učebnice pro gymnázia nejsou. Tento seminář mohou navštěvovat dokonce žáci posledních dvou ročníků (třetího a čtvrtého) dohromady, pokud to dovolí prostorové možnosti. To se týká případu, kdy zájemců z řad třetích ročníků je málo. I práce s tímto smíšeným kolektivem se osvědčila, starší žáci jsou většinou aktivnější, mladší se od nich učí, což ovšem mnohdy neznamená, že se nedovedou také prosadit.

Vzhledem k tomu, že Gymnázium Písnická je malá škola (osmileté a čtyřleté gymnázium, po jedné třídě v každém ročníku), může nastat situace, že se na Seminář z fyziky a Seminář z chemie ve třetích ročnících přihlásí málo studentů a není možné, z organizačních důvodů, tyto semináře samostatně otevřít. Pro tento případ máme připravený program pro tzv. Fyzikálně – chemický seminář. Tento seminář vyučují dva učitelé, kteří se střídají, jeden je fyzikář a druhý chemik. Zvolili jsme společná prolínající se témata, která jsou probírána z hlediska fyziky i chemie (např. Plyny, Kapaliny, Pevné látky, Světlo, Faktory působící na zdraví člověka, Elektrochemie, aj.). Žáci jsou, stejně jako v předchozím semináři, povzbuzováni k tomu, aby sami řešili jednotlivé problematiky. Tento seminář vhodně a nenásilně motivuje žáky k volbě samostatných seminářů z fyziky a chemie v maturitním ročníku, protože žáci zjistí, jak zajímavé oba předměty jsou a přitom nejsou demotivováni případnými špatnými známkami z písemných testů a nečekaných zkoušení.

Na oba posledně jmenované semináře je velký kladný ohlas ze strany žáků a žáci tvrdí, že si z těchto hodin pamatují více, než za tři roky chemie. Může to být samozřejmě i tím, že ve třetích a čtvrtých ročnících již někteří studenti nechtějí ve škole pouze sedět, ale také se aktivně něco naučit.

Během studia odborné didaktické literatury jsem zjistila, jak málo pozornosti je věnováno tomuto typu výuky. Nejvíce se podobnou problematikou zabývá publikace Diferenciácia vyučovania po slovensky /Heldová, Held 2008/. Klasifikuje jednotlivé skupiny žáků dle jejich potřeb pro diferenciaci (věk, náboženství, národnost, sociální nebo zdravotní znevýhodnění), podává přehled, jak diferenciaci ve školách řeší jiní autoři a jiné státy a je velmi přehledná.

Obdobná problematika je řešena i v dalších publikacích. Váňová diferenciaci charakterizuje jako řadu opatření, které zlepšují školskou realitu, týkající se efektivity vzdělání, záměrným zasahováním do organizace žáků, skupin a tříd, což znamená dělení žáků podle věku, pohlaví, náboženství, schopností, aj. /Váňová 1992/. Zároveň ale do tohoto souboru zahrnuje i různá opatření, která eventuálně odstraňují princip členění žáků do tříd a ročníků. Autorka uvádí, že v České republice je jedno z hlavních kritérií pro diferenciaci ve školství bydliště žáků.

Zahraniční literatura se většinou zabývá diferenciací žáků dle talentu v různých předmětech bez ohledu na jejich věk /Ireson, Hallam 2001/. Někteří autoři se naopak domnívají, že školní třída má reprezentovat miniaturizovanou společnost, a proto se v některých zemích, např. ve Velké Británii se snaží vytvářet třídy na základě náhodného výběru /Ireson, Hallam 2001/, /Váňová 1992/. Ve většině publikací je

problematika diferenciacie řešena na úrovni základního vzdělávání, kde diferenciacie je běžná u výuky jazyků /Kačínová 2004/ a o diferenciaci na vyšším gymnázium se tyto publikace zmiňují okrajově /Váňová 1992/. Žádná z těchto publikací nepojednává o tom, jak takovou specializovanou a odbornou hodinu vést. Podle zkušeností však vím, že i seminář musí mít, splňovat a naplňovat výchovné cíle, musí být použity vhodné vyučovací metody, které musí učitel předem stanovit a mnohdy je celý proces komplikovaný tím, že jednotlivé vyučovací hodiny jsou zkombinovány z části výkladové, experimentální, projektové. Také vzhledem k pestrosti témat musí být i formy a vyučovací metody rozdílné, viz kapitola 3.2.3.2.

Odborné semináře mají několik nesporných výhod. Žáků bývá méně než v klasických hodinách, učitel s nimi může lépe komunikovat. Žáci se prezentují z různých tříd, vytváří si tak nové vztahy, nové formy spolupráce i konkurence. Všichni mají podobné zájmy, nestydí se o nich mluvit. Vytvoří se bližší vztahy žák – učitel, které jsou důležité pro navození důvěry pro lepší komunikaci v procesu učení. V neposlední řadě pracovní atmosféra vede nejen ke splnění cílů, které si učitel stanovil, ale i z pohledu žáků k pocitu, že čas strávený v takových hodinách nepromarnili. Tak jako v běžných hodinách chemie a praktických cvičeních i semináře pomocí výchovných a vzdělávacích postupů směřují k utváření klíčových kompetencí – zpracováno podle Klíčových kompetencí /Kolektiv autorů 2008/ a /Kolektiv autorů<sup>2)</sup> 2007/:

#### **Kompetence k učení**

Žák na konci oktávy (čtvrtého ročníku):

- vyhledává a třídí informace
- samostatně pozoruje chemické reakce, experimentuje a vyvozuje závěry
- využívá abstraktního a logického myšlení při řešení chemických reakcí, problémových úloh, kvízů
- používá značek a symbolů a chemického jazyka ke stručnému vyjadřování a zápisu chemických dějů.

#### **Kompetence k řešení problémů**

Žák na konci oktávy (čtvrtého ročníku):

- rozpozná a pochopí problém a přemýšlí o příčinách
- samostatně řeší chemické rovnice, volí vhodné způsoby řešení
- je schopen své názory a rozhodnutí obhájit
- vyhledává problémy a příklady z reálného života.

#### **Kompetence komunikativní**

Žák na konci oktávy (čtvrtého ročníku):

- formuluje a vyjadřuje své myšlenky, názory a postupy v logickém sledu
- využívá informačních a komunikačních prostředků pro spolupráci s ostatními
- přesně a stručně se v vyjadřuje užíváním chemického jazyka včetně chemické symboliky
- orientuje se v tabulkách, grafech, diagramech apod.

### **Kompetence pracovní**

Žák na konci oktávy (čtvrtého ročníku):

- pracuje bezpečně s chemickými látkami, nástroji a vybavením laboratoře
- dodržuje pravidla bezpečnosti
- přistupuje k výsledkům pracovní činnosti i z hlediska kvality, funkčnosti, hospodárnosti a společenského významu, ale i z hlediska ochrany zdraví a životního prostředí.

### **Kompetence sociální a personální**

Žák na konci oktávy (čtvrtého ročníku):

- spolupracuje ve skupině při laboratorních pracích
- přispívá k upevnování dobrých vztahů při týmové práci
- respektuje různá hlediska při řešení úkolu
- dbá na svou bezpečnost a ochranu zdraví, ale i svých spolupracovníků.

### **Kompetence občanské**

Žák na konci oktávy (čtvrtého ročníku):

- chápe základní ekologické souvislosti a environmentální problémy a možné ovlivnění působením chemických látek
- respektuje požadavky na kvalitní životní prostředí, rozhoduje se v zájmu podpory a ochrany zdraví a trvale udržitelného rozvoje společnosti
- ocení historický potenciál našich vědců v oblasti přírodních věd.

## **4.2 Výuka analytické chemie na gymnáziu-dostupné učebnice a materiály**

Chemie patří na našich základních a středních školách mezi základní přírodovědné předměty a tak jako ostatní vyučovací předměty řeší podobné problémy: jaké by měly být cíle a obsah předmětu na jednotlivých typech škol, jaké metody a prostředky by se měly používat, jakým způsobem hodnotit žáky.

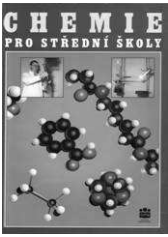
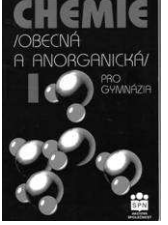


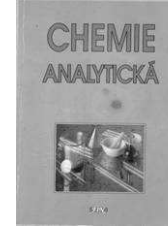
V současné době je těžiště učiva chemie posunuto ve prospěch učiva teoretického, čímž se zvýšila náročnost učiva chemie a tím se snížil zájem studentů o chemii. Na druhé straně žijeme v době, kdy se s produkty chemie setkáváme prakticky všude a je nutné se s nimi seznámit co nejlépe a to je možné pouze poznáním alespoň základů chemie.






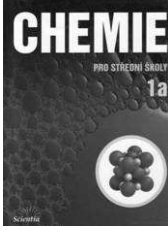
Východiskem výuky na gymnáziu pro výuku chemie je asi ze 30% obecná chemie, o zbytek se téměř rovným dílem dělí anorganická, organická chemie a biochemie. Na analytickou chemii zbývá asi 5% /Čtrnáctová 1998/.

A přitom analytická chemie zasahuje prakticky do všech odvětví naší činnosti a do všech výrobních oborů. Podle učitelů, kteří analytickou chemii v širším měřítku vyučují, studenty tento úhel pohledu na chemii více zajímá a jsou schopni a ochotni jí porozumět a naučit se jí.

Hlavně forma, jakou analytická chemie bývá vyučována (a měla by být vyučována) – laboratorní úlohy - žáky zaujme.

Protože analytická chemie je převážně obor vyučovaný až na středních školách, bude se další pojednání týkat zastoupení analytické chemie v učebnicích pro čtyřletá gymnázia a vyššího stupně víceletých gymnázií. Pro tyto účely jsem provedla analýzu celkem 25 učebnic a jiných publikací v současnosti dostupných, které se vztahují k výuce chemie na G, SŠ a ZŠ.

Učebnice	Stručná charakteristika
	<p>Jediná učebnice, kde je ucelená kapitola Analytická chemie i když bez laboratorních úloh je <i>Chemie pro střední školy</i> autorů Beneše, Banýra a kol./Beneš, Banýr a kol.1995/.</p>
	<p>V učebnici <i>Chemie pro I. ročník gymnázií</i> autora J. Vacíka a kol /Vacík a kol.1984/ je výkladový text proložen laboratorními úlohami, z nichž některé jsou z analytické chemie, i když tak nejsou výslovně označeny.</p>
	<p>V publikaci <i>Laboratorní cvičení z chemie pro 2.ročník gymnázií</i> – autor M. Hrstka /Hrstka 1998/ je 9 ze 17 cvičení zaměřeno na analytickou chemii a kromě toho jsou v publikaci skvělé metodické poznámky k jednotlivým úlohám a k přípravě jednotlivých činidel.</p>
	<p>V publikaci <i>Laboratorní cvičení z chemie pro 3. ročník</i> autora M. Hrstky /Hrstka 1998/ jsou důkazy a stanovení některých organických přírodních látek.</p>
	<p><i>Analytická chemie</i> autorů Šrámka a Kosiny /Šrámek a Kosina 1996/ je určena pro gymnázia. Jedná se o ucelený přehled analytické chemie, asi nejpoužívanější publikaci s dobře vysvětlenými výpočty a postupy. Postrádám více úloh z každodenního života.</p>

	<p>Dobře rozpracované úlohy jsou v <i>Chemicko-biologických praktikách pro 8. ročník ZŠ autora Beneše a kol.</i> /Beneš a kol. 1983/. Po doplnění některých otázek a úkolů lze publikaci použít i na vyšším stupni gymnázia.</p>
	<p><i>Cvičení z analytické chemie pro gymnázia. 1 díl autora Vrbského / Vrbský 1992/</i> je méně rozsáhlá publikace, která obsahuje především výklad teorie a pouze 12, i když dobrých experimentálních úloh.</p>
	<p><i>Základy analytické chemie od autorů Ševčíka a Milece /Ševčík a Milec 1972/</i> je publikace staršího data, určená pro čtvrté ročníky gymnázií. Je poněkud složitější a pokud ji na střední škole učitelé používají, vyžaduje didaktické dopracování a pečlivý výběr úloh s vysvětlením. Tuto publikaci lze použít také v chemických seminářích.</p>
	<p><i>Cvičení z chemie pro III.roč. gymnázií autora Beneše a kol.</i> /Beneš a kol.1986/ se týkají oblasti makromolekulárních, přírodních látek a přibližně 1/3 publikace je věnována analytické chemii s dobře rozpracovanými úlohami.</p>
	<p>Všechny tři díly publikace <i>Chemie pro čtyřletá gymnázia /Mareček, Honza 1997, 2000/</i> nevěnují analytické chemii pozornost vůbec, pouze v biochemii jsou uvedeny např. důkazy sacharidů, bílkovin. A přitom toto jsou v současné době asi nepoužívanější učebnice na středních školách.</p>
	<p><i>Chemie pro střední školy 1a autorů Eisner a kol.</i> /Eisner a kol. 1996/ je zahraniční učebnice přeložená pracovníky VŠCHT. V této učebnici převažuje obecná chemie a částečně chemie anorganická. Okrajově jsou připojeny důkazy halogenidů, kyslíku, oxidu uhličitého, vodíku a vody.</p>

	<p><i>Chemie pro střední školy 2a /Amann a kol. 1989/ je pokračováním předchozí učebnice a převažuje v ní opět obecná chemie a chemické děje. V rámci kapitoly Acidobazické rovnováhy je sice pouze na šesti stránkách, ale velmi přehledně zmíněna Odměrná analýza a tlumivé roztoky.</i></p>
	<p><i>Pouze ve 2. dílu Chemie v kostce II /Kotlík, Růžičková 1997/ jsou důkazy sacharidů a bílkovin.</i></p>
	<p><i>V Přehledu středoškolské chemie autora Vacíka /Vacík 1995/ jsou na čtyřech stránkách stručně popsány Postupy zkoumání látek - Základní izolační (separační) metody a Základní metody zjišťování struktury látek.</i></p>
	<p><i>Analytická chemie pro III. roč.gymnázíí autorů Adamkoviče, Lišky a Šramka /Adamkovič, Liška, Šramko 1981/ je experimentální učební text pro volitelné odborné předměty a Základy technické chemie. Je vhodný zejména pro odborné semináře nebo pro budoucí studenty chemie.</i></p>
	<p><i>Chemické pokusy pro školu a zájmovou činnost /Čtrnáctová a kol. 2000/ je souborná publikace s chemickými experimenty vhodnými pro výuku, obsahuje pokusy k učivu obecné, anorganické, organické chemie a biochemie, některé pokusy jsou vhodné i pro učivo analytické chemie.</i></p>



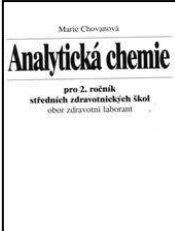
**Tabulka 1: Vybrané učebnice a publikace vztahující se k výuce chemie**

Literatury, která se zabývá analytickou chemií a kde je možné se inspirovat zajímavými úlohami do praktických hodin je poměrně hodně, ale pro běžného učitele to znamená mít rozsáhlou knihovnu, protože pro potřeby střední školy lze z každé publikace převzít pouze něco. Pro seminář a praktikum z chemie pro 2. stupeň základní školy /Klečková, Los 2003/ byla vydána publikace s návody na praktická cvičení, kde je zastoupena i analytická chemie, i když nebývá zvykem na většině základních škol zařazovat seminář nebo takto náročná praktická cvičení do výuky. Někteří učitelé mají ještě starší učebnice např. Chemie pro 3. ročník gymnázií /Čárský a kol. 1986/, která se

věnuje makromolekulárním látkám, přírodním látkám a biochemii. Učebnice obsahuje patnáct cvičení a tato témata, z nichž přibližně jedna čtvrtina se týká důkazů některých látek.

Velmi přehledně zpracovaná je učebnice Analytická chemie kvantitativní /Veselý, Šírová 1965/ pro průmyslové školy s chemickým zaměřením. Většina úloh vychází z praktických potřeb, ale bohužel jak názvosloví, používání jednotek i odborné výrazy jsou poněkud zastaralé, což by, při jejich použití, dalo učitelům mnoho práce, přepisovat a předělávat úlohy do současné použitelné formy pro výuku.

Některé jiné typy středních škol vydávají své novější učebnice a některé lze docela dobře použít i pro potřeby gymnázia, pokud nejsou příliš specializované. V tomto ohledu se zdají vhodné následné publikace:

učebnice	Stručná charakteristika
	<p><i>Monitorování životního prostředí /Kaličinská 2006/.</i> Tato publikace se týká rozborů vody, ovzduší a půdy. Tato problematika je podrobně a přehledně rozpracována, i když vzhledem k vybavení většiny gymnázií v rámci praktik těžko proveditelná. Hodí se spíše pro odborné chemické školy, pro které je napsána.</p>
	<p><i>Analytická chemie pro SPŠCH /Moravcová 1999/.</i> Týká se kvalitativní anorganické i organické analýzy a gravimetrie.</p>
	<p><i>Analytická chemie pro střední zdravotní školy /Chovanová 1996/</i> – publikace je vhodná pro budoucí laboranty, ale ne na probuzení zájmu žáků gymnázia o chemii. Je však vhodná pro základní informace pro učitele.</p>

**Tabulka 2: Vybrané učebnice středních odborných škol**

Některé školy problematiku „z čeho učit“ řeší tak, že na své webové stránky umístí vlastnoručně sepsaný materiál, který obsahuje podle potřeb té které školy základy analytické chemie a soubor úloh. Žáci si mohou stáhnout úlohy, které si předem prostudují a které pak budou řešit v laboratorních cvičeních. Tyto materiály jsou většinou subjektivně pojaty a bohužel neprošly žádnou odbornou recenzí.



Jedna z mála učebnic, které se týkají chemie a životního prostředí je *Chemie a životní prostředí /Vulterin a kol. 1992/* a zabývá se rozdělením látek podle účinků, analýzou škodlivých látek v prostředí, znečišťováním vod, půd, ovzduší, hlavními zdroji chemického znečišťování, odpady, aj.



Tato publikace byla napsána jako doplněk k učebnicím pro střední školy, je však pouze teoretická, bez návodů na praktické úlohy.

V učebnicích pro britské školy v Británii i zahraničí, v nižších ročnících škol převažují kapitoly, které se týkají obecné chemie, chemických rovnováh a chemických separací /Riley 2005/. Teprve v maturitním ročníku a speciálních hodinách chemie je zařazena analytická chemie – převážně kvantitativní a kromě učebnic pro základní a pokročilou úroveň jsou vydávány i specializované učebnice pro analytickou chemii, biochemii, potravinářskou chemii, atd. /Lumdsen 2002/.

### **4.3 Praktická cvičení z analytické chemie na gymnáziu**

Žáci našeho víceletého gymnázia mají kromě dvou hodin chemie týdně ve kvintě a sextě jednu hodinu týdně praktických cvičení. Hodiny jsou organizovány tak, že je třída rozdělena na poloviny a studenti se střídají na dvouhodinovém cvičení jedenkrát za 14 dní. Tak vychází na každou skupinu ročně asi 15–16 laboratorních cvičení. Všichni učitelé, kteří učí chemii, se snaží tato cvičení v maximální míře využít k praktické laboratorní činnosti, nikoliv např. k procvičování výpočtů nebo názvosloví, tak aby studenti co nejvíce prakticky pracovali. Z tohoto důvodu se snažíme i o maximální využití času během praktik, což znamená, že si studenti neopisují z tabule návody, ale mají připraveny soubory návodů a předpřipravených protokolů, které jsou také součástí mé práce, tak aby do nich studenti pouze doplňovali. Veškerý čas dvouhodinových praktik je tedy věnován pokusům, motivaci, řešení problémů, dotazům a odpovědím.

V prvním roce se studenti seznámí s prací v chemické laboratoři, naučí se základní technologie a postupy. Témata jsou většinou volena v návaznosti na výuku obecné chemie v běžných hodinách chemie - např. rychlost chemické reakce, elektrochemie, kyselost a zásaditost látek.

V druhém roce je celoročním tématem analytická chemie. V prvním pololetí kvalitativní, v druhém pololetí kvantitativní. Téměř každá hodina začíná krátkým výkladem teorie, která je potřebná pro pochopení úlohy a pak následuje vlastní laboratorní úloha. Na konci hodiny společně žáci s učitelem zhodnotí výsledky své práce. Žáci pracují ve skupinách po 2–3.

V běžných hodinách chemie není analytická chemie probírána vůbec nebo je zmiňována pouze v některých tématech. V běžných hodinách je ale možno apelovat na znalosti z praktik, např. barvu některých sloučenin, jejich vlastnosti, atd.

Hodnocení žáků během laboratorních prací může být problematické. Studenti pracují ve skupinách, což ve výsledku může dopadnout tak, že vše udělá a vypočítá jeden a ostatní dostanou také výbornou známku. Studenty většinou laboratorní práce baví a velmi dobře je motivují ke studiu chemie. Proto si nemyslím, že je třeba studenty hodnotit přísně jako na nějaké soutěži a za každou nepřesnost strhávat body. Spíše doporučuji motivovat studenty k tomu, aby řádně doplnili protokoly a rozuměli tomu, co dělají. Jedenkrát za pololetí je možno zadat klasifikovanou laboratorní práci a na konci pololetí protokoly ohodnotit souhrnnou známku. Nedoporučuji klasifikovat každou hodinu, protože není dobré známkovat studenty z toho, co se teprve učí. Většinou během praktické činnosti výborně pracují i ti studenti, kteří v hodinách chemie nevynikají (někdy dokonce lépe a nadšeněji než premianti).

V současné době se prosazují tendence, které se v protikladu k pouhé reprodukci učiva orientují i při používání metod zkoušení a hodnocení, na aktivní a tvořivé činnosti

žáků /Slavík 1999/. Také se prosazuje tendence k přesnosti a objektivnosti hodnocení. Z tohoto hlediska se posuzuje přínos testů jako diagnostické metody.

Didaktické testy představují postup pedagogické diagnostiky, jehož pomocí učitel měří pokud možno objektivně a spolehlivě výsledky učení a dosažení plánovaných cílů. Výsledky testů jsou hodnoceny a interpretovány tak, aby mohly být využity pro další pedagogický postup /Skalková 2007/.

Na závěr dvouletých praktik čeká žáky test, který obsahuje jednoduché otázky. Žáci vědí, kdy ho budou psát a týden předem většinu otázek opakujeme. Žáci také vědí, že se test týká hlavně analytické chemie (tedy náplně asi patnácti úloh) a mají šanci se připravit. Přes to se vždy najde několik velmi kuriózních odpovědí a test v některých případech nedopadá dobře.

Testy si sestavuji sama a každoročně obměňuji, snažím se o co největší objektivnost, proto připravuji varianty A, B, ve kterých jsou typy otázek stejné, ale obsah pozměněný, abych pokud možno zabránila opisování. Např.: *Určete stechiometrické koeficienty v rovnici redoxní reakce* (každá skupina dostane rovnici podobnou, ale jiné reakce, vycházející z praktických laboratorních úloh).

Vzhledem k tomu, že pro potřeby škol není k dispozici mnoho vhodných, odborně připravených testů a je nutné je připravovat, často je nezbytné prostudovat odbornou literaturu, která pojednává právě o sestavování testů. V tomto ohledu se osvědčuje publikace Didaktické testy /Chráška 1999/, která je stručná a výstižná. Testy, které používám, se blíží testům úrovně, výkon žáků je dán pouze úrovní vědomostí nikoliv časovým limitem (i když ve škole je časovým limitem zvonění na konci hodiny). Tyto testy jsou také dle odborné klasifikace /Chráška 1999/ nestandardizované, protože nejsou dodrženy všechny kroky obvyklé při přípravě a ověřování testů standardizovaných. Takové testy si připravuje většina učitelů pro své potřeby.

Z hlediska použití typu testových úloh v testu preferuji kombinaci více typů. Zdá se to tak objektivnější, protože každému žákovi vyhovuje něco jiného a nepřejí si, aby žáci pouze namátkou zaškrtovali, ale aby test vypovídal o jejich znalostech i dovednostech.

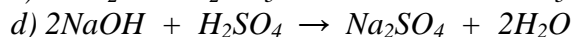
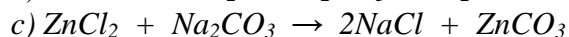
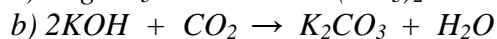
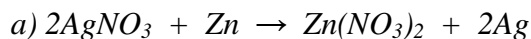
- Zařazeny jsou úlohy otevřené se širokou odpovědí, např.: *Stručně popište, jaké metody se používají v kvantitativní analýze.*

- Úlohy otevřené se stručnou odpovědí, např.: *Jak působí fenolftalein ve vzorku?*

- Úlohy uzavřené dichotomické, např.: *Je pravda, že pro rozlišení hydroxidů použijete plamenové zkoušky? Plamenové zkoušky použijete pro rozlišení hydroxidu draselného a hydroxidu sodného. ano – ne*

- Úlohy uzavřené s výběrem odpovědí (pouze jedna správná), např.:

*Zaškrtněte srážecí reakci:*



- Úlohy uzavřené s výběrem odpovědí (více správných), např.:

*Zaškrtněte, co používáme při titraci:* a) pipetu b) byretu c) titrační baňku d) dělicí nálevku e) kónickou Erlenmayerovu baňku.

- Úlohy uzavřené přiřazovací, např.: *Ke kationům a anionům v levém sloupci správně přiřadte činidla z pravého sloupce, kterými tyto ionty můžete kvalitativně dokázat:*

$\text{Cl}^-$	( )	A	KI
$(\text{SO}_4)^{2-}$	( )	B	$\text{AgNO}_3$
$\text{Fe}^{2+}$	( )	C	$\text{BaCl}_2$



Z několikaletých výsledků testování jednoznačně vyplynulo, že nejvíce žáků úspěšně řeší otázky, pro které získali znalosti již na základní škole nebo v ročnících nižšího gymnázia a tyto informace slyšeli několikrát (sublimace, srážecí reakce, názvy chemického nádobí). Dobře zapamatovatelné pro studenty jsou také reakce s nápadnými barevnými přechody (indikátory, plamenové zkoušky). Naopak špatné výsledky jsou u otázek, které třeba jen okrajově souvisí s výpočty, jako např. chemické rovnice, pH nebo nějaký nový pojem, zmíněný pouze několikrát.

V kapitole 3.1 zmiňuji, že žáci považují chemii za obtížný a mnohdy neoblíbený předmět. Zajímá mě tedy proč tomu tak je a jestli nemůže učitel udělat něco pro to, aby se situace zlepšila. Proto občas používám dotazník k tomu, abych se o vztahu žák – chemie dověděla více.

Příklady otázek v dotazníku:

*Která laboratorní úloha se vám zdála nejjednodušší – nejobtížnější?*

*Kterou laboratorní úlohu jste využili v testech nebo zkoušení v hodinách chemie?*

*Které dovednosti jste se naučili v průběhu laoratorních cvičení?*

*Které z těchto dovedností myslíte, že využijete v běžném životě?*

*Jak jste spolupracovali se spolužáky ve skupině?*

*Jak jste si při práci rozdělili role?*

Takto probíhají praktická cvičení již patnáct let, což znamená, že většina úloh, které jsou zmiňovány v této práci, jsou prověřeny minimálně 700 žáky.

Rozpracovala přes 100 experimentálních úloh z analytické chemie. Náměty jsem čerpala ze stávajících učebnic (viz kapitola 4.3), z vysokoškolských textů, z učebnic pro odborné chemické školy, z publikací pro zájmové chemické kroužky a z praktických úkolů chemických olympiád. V charakteristice jednotlivých oblastí, do kterých jsou vřazeny analytické experimentální úlohy je uvedeno, z kterých publikací jsem čerpala. Snažila jsem se využít i poměrně staré publikace např./Smeykal 1950/, protože jsem zjistila, že v novějších publikacích se opakují a tradují pokusy více méně stále stejné.

Jednotlivé návody obsahují :

- a) stručný popis techniky provedení experimentu
- b) metodické pokyny pro učitele a poznámky, které upozorňují na možná úskalí při realizaci experimentu, další varianty pokusu, případně jsou zdůrazněna nutná bezpečnostní opatření aj.
- c) zápis probíhajících dějů chemickými rovnicemi (pokud není pro žáky příliš složitý).

Každý vyučující si podle vybavení laboratoře, chemikálií, úrovně a zájmu žáků může vybrat na celý rok pro obsah laboratorních prací dostatek úloh. Nemá smysl předepisovat nějaký seznam nejosvědčenějších pokusů, většinou žádný učitel nepoužívá pro dvě různé třídy stejné formy a metody práce. V příloze práce č.2 jsou pro všechny rozpracované experimentální úlohy připraveny protokoly určené žákům. Obsahují: název laboratorní práce, jasně formulovaný úkol, seznam pomůcek, chemikálií a postup práce. Učitel si může vytisknout protokol, do kterého žák bude zapisovat reakce, řešení a závěr.

V průběhu práce jsem narazila na několik zajímavých úloh, které jsem pak po úvaze nezařadila mezi úlohy, které je možné běžně ve školách provádět. Některé z nich jsou časově náročné, pro některé je obtížné nebo drahé sehnat chemikálie a některé jsou nevhodné z hlediska bezpečnosti práce.

Jednou takovou úlohou, která se mi líbila a je i hezky pro učitele rozpracovaná, je např. Titrace v nevodném prostředí v článku /Beneš, Berka, Růžičková 1997/, kde i sami autoři zmiňují přísné dodržování pravidel bezpečnosti při práci s kyselinami (72% kys. chloristá, konc. kys. octová) a jedy (anilín) a doporučují tuto úlohu pro semináře, zájmové kroužky a soutěže.

Takové úlohy doporučuji podle časových možností zmínit, aby studenti věděli, že podobné postupy existují, a že netitrujeme pouze ve vodném prostředí, ale na střední škole je nedoporučuji provádět.

#### **4.4 Zařazení průřezových témat do výuky chemie**

Průřezová témata tvoří povinnou část vzdělávání. Promítají se nejen svým výchovným zaměřením, ale i obsahem do vzdělávacích oblastí a pomáhají doplňovat a propojovat, co si žáci během studia osvojili. Tato témata jsou v současnosti vnímána jako aktuální a mají především ovlivňovat postoje, hodnotový systém a jednání žáků. Škola musí zařadit do svého ŠVP všechny tematické okruhy, i když hloubka, rozsah a formy jejich realizace jsou zcela v kompetenci školy a konkretizují se v ŠVP.

##### **4.4.1 Environmentální výchova a výchova k trvale udržitelnému rozvoji ve škole**

Požadavek udržitelného rozvoje byl na globální úrovni formulován na konferenci OSN – Summitu Země v Rio de Janeiro v roce 1992 a znovu v roce 2000 na konferenci k miléniu a v roce 2002 na Summitu Země v Johannesburgu. Význam přípravy všech pro udržitelný rozvoj zdůvodnila v roce 1993 Světová konference v Torontu, kde byla zdůrazněna role školy. OSN vyhláší od roku 2005 dekádu Vzdělávání pro udržitelný rozvoj. Význam informovanosti pro udržitelný rozvoj vyjadřuje také Aarhuská úmluva států OECD ratifikovaná také v České republice.

Vytváření podmínek pro udržitelný rozvoj v České republice vyžaduje zvýšenou pozornost environmentálního vzdělávání. Zákon 123/98 Sb. inovovaný v roce 2004 „O právu na informace o životním prostředí“, vládní usnesení Státní program Environmentálního vzdělávání, výchovy a osvěty (EVVO) z roku 2000, vládní dokument Strategie rozvoje lidských zdrojů pro ČR (2003) i Strategie udržitelného rozvoje ČR schválená v roce 2004 zdůraznily nezbytnost přípravy mladé generace pro udržitelnost rozvoje z hledisek kvality života i z hledisek inovací v ekonomice /Kvasničková, Kalina 2006/.

Znalosti a dovednosti týkající se přírody, vztahů člověka k prostředí, současných vážných problémů ovlivňující další rozvoj i možnosti a způsoby jejich řešení, schopnost chápat souvislosti mezi environmentálními hledisky, hospodářskými aktivitami a sociální soudržností představují důležité požadavky moderního vzdělávání prakticky ve všech profesních oblastech – tzv. myšlení v souvislostech.

Průzkum ve školách v září 2004 ukázal, že EV není realizována ani v potřebném rozsahu ani v potřebném pojetí. Pokud se jí vůbec věnuje pozornost, pak je většinou zaměřena pouze na problémy ochrany přírody a je obvykle součástí biologického a geografického vzdělávání, případně někde i občanské výchovy, zatímco u většiny pedagogů se neseťkává s potřebným pochopením. S tím bývá spojena nevyhovující prestiž EV ve školách a nedocnění úlohy školního koordinátora EV. Jeho ustavení MŠMT doporučilo již v prosinci 2001, ale nejméně na 50% škol ustaven nebyl nebo jde

o záležitost pouze formální. A právě školní koordinátor by měl dohlédnout na to, aby EV byla začleněna do všech předmětů nenásilnou formou, tak aby se vzdělávání v této oblasti stalo samozřejmostí a využití znalostí v praxi nedílnou součástí studovaného oboru.

Zlepšení situace v EV může přinést zavádění Rámcových vzdělávacích programů do školní praxe, v nichž byly požadavky EV zapracovány, jako průřezová témata.

V září roku 2005 se některé pražské školy zapojily do dvouletého projektu Ekogramotnost. Projekt byl dokončen na podzim 2007. Realizátorem projektu byl Magistrát hlavního města Prahy, odbor školství, spolu s partnery projektu Klubem ekologické výchovy a Karlovou univerzitou – Přírodovědeckou a Pedagogickou fakultou.

Na každém „velkém“ obvodu Prahy byla do projektu zařazena jedna Základní škola, Gymnázium a Střední odborná škola, tedy celkem 31 pilotních škol. Projekt sice skončil, ale tím neskončily aktivity na jednotlivých školách. Učitelé pochopili, že myšlenky EVVO, trvale udržitelného rozvoje a předběžné obezřetnosti lze nenásilně začleňovat prakticky do všech předmětů.

Hlavní cíle projektu :

- Vytvoření a hodnocení programů pro vzdělávání a výchovu k udržitelnému rozvoji v základních a středních školách Hlavního města Prahy.

- Výchova k udržitelnému rozvoji a podpora environmentálního vzdělávání, výchovy a osvěty (EVVO) v síti 31 pražských škol (Základní školy, Gymnázia, SOŠ, VOŠ) prostřednictvím vyškolených metodiků EV jednotlivých škol, kteří dále působí na učitele ostatních předmětů a žáky školy.

- Důraz je kladen na integraci výuky a mezipředmětové vztahy. To znamená rozpracování postupů a zajištění předpokladů efektivního environmentálního vzdělávání v pilotních školách tak, aby získané zkušenosti mohly být dále využívány v zájmu přípravy žáků pro uplatňování principu udržitelného rozvoje v životě i ekonomických aktivitách.

- Jde zejména o poskytování odpovídajících znalostí i praktických dovedností, rozvíjení schopnosti chápat souvislosti mezi environmentálními, ekonomickými a sociálními aspekty, což jsou již nyní důležité předpoklady pro uplatnění na trhu práce, pro rozvíjení podnikatelských aktivit i pro utváření občanských a profesních postojů ke skutečnosti.

- Začlenění environmentálního vzdělávání do Rámcových vzdělávacích programů pro základní, gymnaziální i střední odborné vzdělávání /Kolektiv autorů<sup>2)</sup> 2007/, /Kolektiv autorů<sup>3)</sup> 2007/, /Kolektiv autorů<sup>4)</sup> 2007/.

Environmentální výchova je součástí i oboru chemie. Na základě řady chemických poznatků je možné pochopit procesy, které nás v přírodě obklopují, lze z nich odvodit dopady na životní prostředí a je možné na jejich základě odhadovat možný vývoj situace do budoucna.

Ze vzdělávacího a výchovného hlediska může výuka chemie přispívat v oblastech životního prostředí k:

- pochopení souvislostí v biosféře
- uvědomění si vztahu člověka k prostředí a důsledků dopadu lidských aktivit na ŽP a zdraví
- zjišťování rozsahu globálního poškození ŽP
- vyhodnocení objektivitu zpráv týkajících se problematiky ŽP

- pochopení některých technologií a postupů ke zlepšení ŽP
- rozvoji komunikace žáka z hlediska obhajování a vyjadřování názorů týkajících se ŽP
- vlastní odpovědnosti k biosféře, ochraně přírody a přírodním zdrojům
- odpovědnosti a naplňování zdravého životního stylu
- řešení problémů spojených s ochranou ŽP

Od září 2007 na všech školách jsou již prakticky naplňovány Rámcové vzdělávací programy pro základní vzdělávání, které vymezují celkem šest průřezových témat, mezi něž patří i Environmentální výchova. Ze čtyř tematických okruhů je možno do chemie zařadit tři: Základní podmínky života (voda, ovzduší, biosféra), Lidské aktivity a problémy ŽP (globální problémy ŽP a vliv lidských aktivit na ŽP), Vztah člověka k prostředí (vliv lidských aktivit na zdraví člověka), Znečištění půd chemickými látkami a následná remediace, aj.

Vliv lidských aktivit lze zdůraznit v poměrně velkém objemu učiva :

- antropogenní chemické látky znečišťující vodu a jejich dopad na ekosystémy (fosfáty, hnojiva, těžké kovy)
- antropogenní chemické látky znečišťující ovzduší (průmysl, doprava) a jejich dopad na ekosystémy, stavby, materiály)
- antropogenní chemické látky znečišťující půdu a jejich dopad na ekosystémy (pesticidy, hnojiva)
- technologie směřující ke snížení nebo zamezení pronikání chemických. látek do ŽP (alternativní zdroje energií, recyklace odpadů, úprava paliv, odlučovače...)
- ekologické havárie
- vliv antropogenních chemických látek přítomných v ovzduší, vodě a půdě na zdraví člověka (oxidy dusíku, síry, pesticidy....)
- vliv chemických. látek přítomných v potravinách na zdraví člověka (konzervanty, aditiva....)
- vliv znečištění ovzduší vnitřních prostor na zdraví člověka (kouření)

Neméně důležité jsou i vhodné metody, formy a postupy pro uplatnění EV ve výuce chemie. Obecně lze říci, že jsou to ty, které rozvíjejí postojovou a hodnotovou složku osobnosti žáka v souboru využívaných kompetencí např. kompetence občanská a kompetence k řešení problémů.

Pro realizaci EV v chemii se zdají vhodné zvláště následující metody, formy a postupy:

skupinové řešení problému a kooperativní práce, diskuze, simulace, interdisciplinární projekty, rolové hry, laboratorní práce, chemický pokus, seminární práce, referát, exkurze. Učitel volí postupy, které nejlépe vyhovují věkové kategorii a potřebám žáků a výuky a odpovídají příslušným tématům.

Pro realizaci ekologických témat se nám velmi osvědčují exkurze (do spalovny, vodárny, pivovaru) a spolupráce s některými ekologickými organizacemi (např. Sdružení Tereza). V sekundě, kde naši žáci s chemií začínají, jsme se v roce 1996 zapojili do projektu Kyselý déšť a dodnes provádíme měření pH dešťové vody a přinesené mořské vody, vody z vápencového podloží a rašelinové vody. Žáci tercie pěkně zpracovali projekt Obnovitelné a neobnovitelné zdroje.

Pro EV v chemii doporučuji také využít mezinárodní a světové dny k životnímu prostředí a udržitelnému rozvoji a v předstihu nechat žáky připravit krátké příspěvky k těmto tématům. Vybrala jsem alespoň některé významné dny :

- 16. září Mezinárodní den ochrany ozónové vrstvy
- 14. listopad Den bez aut
- 16. listopad Den bez cigaret
- 22. březen Světový den vody
- 22. duben Den Země
- 5. červen Světový den životního prostředí

Za velmi přínosnou pro školy považují spolupráci s Klubem ekologické výchovy, kde je možno získat důležité informace, které pak lze snadno zařadit a rozpracovat do výuky a také je možné dovědět se o dalších aktivitách, do kterých se mohou studenti zapojit. V každém roce na podzim se koná Žákovská a studentská ekologická konference. Některá témata jsou opravdu zajímavá a přínosná (Nebojme se odpadů, Spotřeba vody v domácnosti, Vzdušný oceán, Třídíme odpad pro budoucnost, Automobilismus a vliv na ŽP, Ekologie na Jilemnicku - odpady, Smet'ák aneb Odpady v Karviné, Jak nám sluší odpadové materiály).

Témata Plasty, Voda a Odpady lze rozpracovat prakticky pro každou věkovou kategorii a pro jejich zpracování využít jakoukoliv formu. V současné době žáci velmi rádi využívají fotoaparát nebo videokameru. Je tak možno vyfotografovat nebo natočit množství dokumentárních snímků z běžného života nebo některé scény záměrně připravit a pak sestavit vhodný dokument. Studenti se těmto tématům rádi věnují i delší dobu a ve skupinkách pracují na samostatných projektech viz foto 1, která představuje žákovský projekt na gymnáziu Písnická.



**Foto 1: Projekt Obnovitelné a neobnovitelné zdroje**

Poslední dobou je ve školách kladen velký důraz na Ochranu člověka za mimořádných událostí při havárii s únikem nebezpečných látek a při radiační havárii. Zde je opět nepřehledné množství možností, jak tuto problematiku zařadit do chemie, kam logicky patří. Nejvhodnější je realizovat krátkodobý projekt, nejlépe na začátku školního roku v ročníku, kde jsou celoroční praktika, aby se žáci seznámili s laboratoří a

možnými riziky. Je nutné žáky seznámit s klasifikací nebezpečných látek, se symboly a výstražnými značkami používanými při přepravě, aj.

Další možnost, jak zařadit EV do chemie jsou laboratorní práce, praktika nebo chemický seminář. Nejlepší možností jsou praktika z analytické chemie, protože lze do výuky zařadit mnoho úloh týkající se ochrany životního prostředí nebo zdraví nebo analýzu potravin, aj. Jako příklad uvádím: Stanovení alkality pitné vody, Stanovení dusitanů, Stanovení celkové tvrdosti vody, Stanovení formaldehydu, Analýza rostlinného popela, Rozbor hnojiv, Rozbor půdy viz kapitola 4.7.4.

V neposlední řadě je třeba zmínit využití a zapojení výpočetní techniky do chemie a samozřejmě do EV. Žáci mohou využít počítač a internet při vyhledávání informací, zpracování dat, zpracování fotografií, videa, při prezentaci informací. Další možností je snímání dat během experimentu (např. pH během titrace) pomocí dataloggeru a následné vyhodnocení výsledků pomocí titračních křivek. Existuje také celá řada výukových programů, většinou encyklopedického charakteru. Pro počítačové zpracování se vyloženě hodí projekty jako např. Produkce odpadů nebo Spotřeba vody v domácnosti.

Environmentální vzdělávání a výchova ve smyslu přípravy občanů pro udržitelný rozvoj je neodmyslitelnou součástí působení dnešní školy. Udržitelný rozvoj je chápán jako takové uspokojování potřeb současnosti, které umožní uspokojování potřeb i budoucím generacím. Zdůrazňuje vzájemné vztahy mezi environmentálními, ekonomickými a sociálními hledisky, a z toho vyplývá pojetí EV zahrnující všechny vzdělávací a výchovné oblasti, tedy i chemii.

Environmentální problematiku ve vztahu k učitelské praxi řeší např. publikace /Kvasničková, Kalina 2007/, /Kvasničková 1977/, /Kvasničková, Kalina 2006/, Pumpr a kol. 2005/. Některé publikace obsahují i praktikum ekologických metod nebo praktické úlohy z ekologie a ochrany životního prostředí např. /Sucharda 2007/, /Nečesaná, Čížková 2007/, /Kaličinská 2006/.

#### 4.4.2 Mediální výchova

Média (televize, internet, rozhlas, tisk, film, billboardy) jsou v současné době velmi významným informačním zdrojem, který z velké části utváří obraz světa v mysli lidí. Není pochyb o tom, že nás média velmi silně ovlivňují a že se většinou jedná o komerční média, je potřebné vést žáky k tomu, aby si uvědomovali, jak je média ovlivňují v pozitivním i negativním slova smyslu.

Výuka chemie může v tomto smyslu významně přispět v oblasti vzdělávání i v oblasti výchovné. Každý žák by měl svým vzděláním získat předpoklady pro racionální hodnocení mediálních sdělení a reklam. Tyto informace se velmi často týkají chemie běžného života (úniky látek, účinnosti čistících prostředků, kvality potravin, doplňků potravy, energetické hodnoty potravin, stavebních materiálů, výstavby průmyslových podniků). Je tedy zařazení tohoto průřezového tématu do výuky chemie přirozené. /Janoušková, Beneš, Pumpr 2006/.

Ze vzdělávacího hlediska (vědomosti a dovednosti) i z hlediska výchovného (postoje a hodnoty) začlenění mediální výchovy do chemie umožňuje:

- objasňovat roli médií jako nositelů odborných informací,
- vyhodnocovat objektivnost a závažnost zpráv a reklamy souvisejících s chemií běžného života,



utvářet představy o roli médií v každodenním životě ve světě i regionu,  
zaujímat vlastní postoj k informacím prezentovaným v médiích a založeným na  
věcné odborné argumentaci,  
směřovat žáka k odpovědnosti za kvalitu svého života.

V tomto směru se osvědčují krátká sdělení, aktuality žáků, které se týkají některého  
tématu souvisejícího s chemií, které jim bylo nejasné při četbě novin, zpráv na internetu,  
zpráv v televizi apod. Velmi často se opravdu jedná o omyl nebo záměnu informací ze  
strany médií.

Se žáky jsme objevili celou řadu mylných nebo nepřesných informací a jako důkaz  
jejich zájmu o tuto oblast uvádím, co napsali studenti chemického semináře v  
„Reklamním letáku“ na závěr laboratorního cvičení, kdy ve skupinkách vyráběli mýdlo.  
Každá skupina přidala jiné vůně a jiná barviva. Jedna skupina přidala rozdrčený Tic-tac  
a vyrobila tzv. Větrové mýdlo. A toto je reklama, kterou není nutno komentovat :

# Písnický deník

## Skupina mladých talentů představuje větrové mýdlo

Praha (**Gymnázium Písnická**) - V učebně biologie se ve čtvrtek  
odpoledne konal seminář chemie, kterého se účastnili žáci třetího ročníku  
a septimy.

Žáci třetího ročníku (**A. Hrdinová, J. Amemori a M. Havlíková**) prozradili  
výsledky dvouhodinové práce. Ve svých krátkých vystoupeních  
prezentovali novodobý světový vynález. Větrové mýdlo, takto zní název  
už teď nejžádanějšího produktu na trhu. Tento převratný vynález vám  
osvěží a provětrá kůži a voní po mentolu. Je vhodný pro všechny typy  
pleti. Toto zázračné mýdlo obsahuje 0 procent cukru a pouze 2 kalorie.  
Je vhodné i pro diabetiky a alergiky. Jmenovaní žáci zatím nezahájili  
velkovýrobu, ale je jasné, že se máme na co těšit. Předběžná cena za  
kus se pohybuje kolem 50 Kč.

Je obdivuhodné , že žáci již v 18ti letech založili vlastní podnik s **názvem  
Pam-Tik s.r.o.** Pro více informací, volejte J. Amemoriho, zvaného Pepa,  
člena skupiny nadaných chemiků.

Na závěr můžeme popřát štěstí naším chemikům a na přání zveřejnit  
**informace o společnosti:**

Název: Pam-Tik s.r.o



#### **4.4.3 Osobnostní a sociální výchova, Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech, Multikulturní výchova**

Tato průřezová témata lze lépe zařadit do jiných předmětů než do chemie. Lze zmínit určitou mezinárodní spolupráci v rámci výzkumu nebo rozdělení sfér zájmů v některých výrobcích a zdůraznit úspěchy našich vědců a jejich přínos pro vědu. V oblasti osobnostní a sociální výchovy je několik důležitých celků, které je třeba řadit do všech předmětů a bezprostředně v chemii lze rozvíjet následující :

- rozvoj schopností poznávání
- kreativita při řešení problémů
- komunikace ve skupině žáků při práci např. na laboratorním pokusu
- kooperace a kompetice při skupinové práci
- hodnoty, postoje, praktická etika se týkají úlohy chemie v praktickém životě a možných rizik.

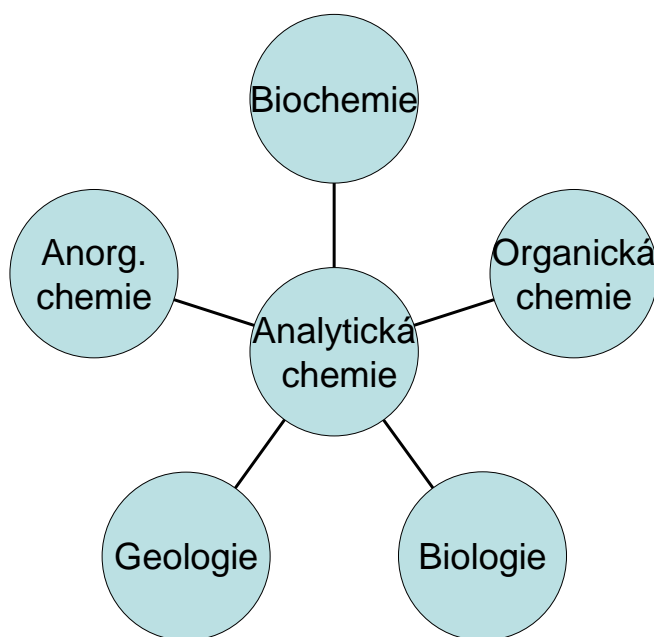
Podrobněji je tato problematika rozpracovaná v kapitole 3.2.4.

#### **4.5 Experimentální část - význam a úkoly analytické chemie jako východisko pro výuku**

V posledních letech se výuka chemie výrazně posunula směrem k obecné chemii, protože je evidentní, že obecná chemie objasňuje děje, které probíhají jak v anorganické, tak i v organické oblasti chemie i biochemie. Analytická chemie je stále na gymnáziích opomíjena, přitom může být přirozenou součástí všech oblastí chemie a navíc přesahuje i do jiných vyučovacích předmětů, čímž pomáhá vytvářet a upevňovat mezipředmětové vztahy. Metody analytické chemie přinášejí významné poznatky o tom, jak můžeme zjišťovat vlastnosti látek, průběh a výsledky chemických reakcí. Změny během chemických reakcí můžeme zjišťovat subjektivně svými smysly nebo objektivně laboratorními přístroji. Většinou jsou tyto poznatky žákům předkládány ve výuce jako fakta, neobjasňuje se jim, jak se k těmto faktům přišlo. Pak záleží na tom, zda se žáci zeptají, jak se k poznatkům přišlo, jak je můžeme využít, co zreagovalo, kolik čeho vzniklo, co ovlivňuje průběh reakce, apod. A právě na tyto otázky může odpovědět analytická chemie.

Jakmile přijmeme za své přemýšlení o jednotlivých oblastech našeho každodenního konání z hlediska analytické chemie, najednou zjistíme, že analytická chemie je všude kolem, a že se jako malé dítě můžeme ptát: z čeho je zubní pasta, kosmetika, zda jíme zdravé potraviny, čím jsou poháněny dopravní prostředky, z čeho je naše oblečení, běžné předměty které používáme, čím se léčíme, proč jsou některé houby a rostliny jedovaté, čím je znečištěna voda, půda, vzduch, atd.

Následující diagram 3 ukazuje vztah a prolínání analytické chemie s některými dalšími obory přírodních věd a diagram 4 vztah analytické chemie k některým dalším oborům.



**Diagram 3: Vztah analytické chemie k dalším předmětům**



**Diagram 4: Vztah analytické chemie k některým oborům**

Analytická chemie se uplatňuje v následujících oborech /Berka, Beneš 1997/:

**anorganické materiály** (slitiny, keramika, stavební materiály, nerostné suroviny - rudy)

**organické látky** (plasty, textilie, tuky, vosky, detergenty, barvy, laky, konzervační prostředky)

**průmyslové výroby** (metalurgie, regulace postupů, kontrola jakosti, bezpečnost a hygiena práce)

**potravinářský průmysl** (kvalita potravin, přísady, esenciální složky, krmiva)

**zemědělství** (hnojiva, agrochemikálie, pesticidy, kvalita půd)

**medicína** (patologická biochemie, imunologie, klinická analýza, chemická diagnostika)

**farmacie** (farmaceutická analýza, farmakognozie, farmakologie hormonů, biochemické interakce, farmakodynamika)

**toxikologie** (toxiny, jedy, karcinogeny, chemikálie v domácnosti, kriminalistická chemie)

**životní prostředí** (znečištění vody, půdy, vzduchu, průmyslové odpady, emise, imise)

**rozvoj civilizace** (energetika, jaderná technika, tiskárenství)

**společenská legislativa** (předpisy a nařízení pro ochranu a kontrolu znečištění životního prostředí)

**historie, umění, archeologie** (konzervace a restaurování uměleckých děl, datování nálezů)

Analytický chemik na základě specifických požadavků určí optimální metodu a postup k řešení problému při minimálních ekonomických nákladech. To samé vlastně dělají žáci v rámci problémových úloh z analytické chemie také.

Je vidět, že tím, že analytická chemie zasahuje do mnoha odvětví, je velmi rozsáhlá a je třeba ji určitým způsobem členit. Stále používané je členění na kvantitativní a kvalitativní, i když v současné době ve vědě a laboratorní praxi poněkud ztrácí svůj smysl, protože instrumentálními metodami chemické analýzy získáme informace o obojím současně. Z metodického hlediska však má toto členění ve výuce své opodstatnění. Stále se poněkud liší přístup k analýze anorganických a organických látek, a přitom často musíme dokazovat anorganické i organické látky v jednom vzorku najednou.

Diagram 5 znázorňuje úkoly a rozdělení analytické chemie. Podobný diagram může učitel žákům sestavit a ukázat ve výuce, ale podle získaných praktických zkušeností z výuky se ukazuje, že žáky více zaujme, když se dozví, kde se s dokazovanou látkou mohou v životě setkat, než do které analytické třídy kationt patří.

Proto jsem rozdělila analytické úlohy z kvalitativní, kvantitativní, anorganické i organické chemie do následujících skupin podle oborů, které mohou být pro žáky zajímavé :

analýza vody, potravin, rostlin, uplatnění v zemědělství, analýza polymerů, látek důležitých pro zdraví. Zařazeny jsou i pokusy, při kterých lze použít mikroskop nebo úlohy, které se běžně provádějí na přístrojích, které školy nemají. Tyto úlohy je možné provádět i na modelech takových přístrojů. Na závěr jsem zařadila klasické úlohy z kvalitativní i kvantitativní analytické chemie, které z didaktických důvodů nelze vynechat.

K jednotlivým úlohám se doporučuje podle časových možností přidat několik teoretických otázek, které se k úloze vztahují. Tyto otázky je možno vybírat např. z publikace /Lesná a kol. 1981/, kde jsou otázky z organické chemie a biochemie i s řešením. V publikaci jsou použity Analytické tabulky /Fogl, Volka 1995/ a /Vohlídal, Julák, Štulík 1999/.

# Úkoly a rozdělení analytické chemie

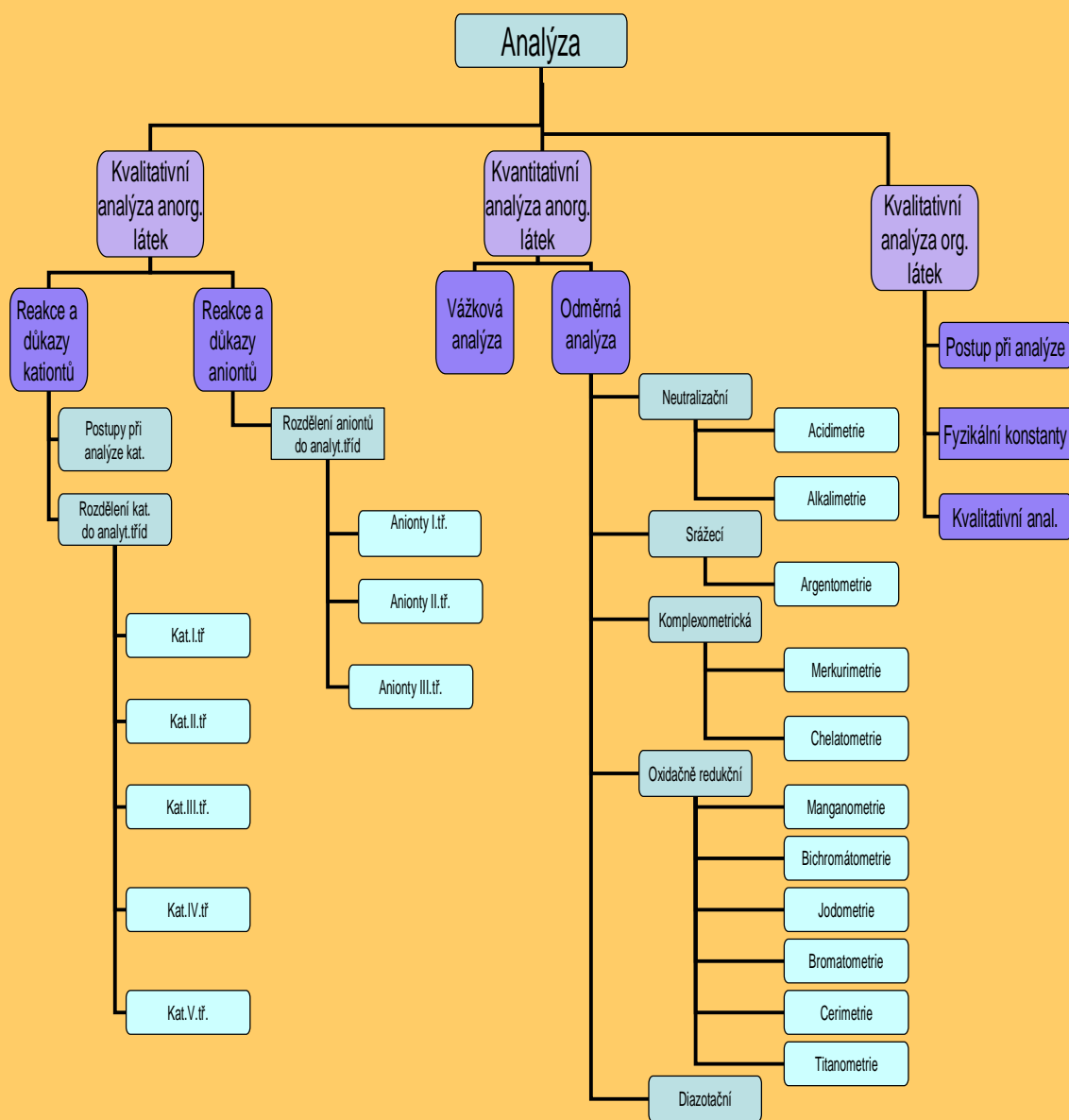


Diagram 5: Úkoly a rozdělení analytické chemie

## 4.5.1 Analýza vody

Voda je kolébkou života na planetě. Věda o životě ve vodě se nazývá hydrobiologie. Zkoumá vztahy a závislosti mezi vodními organismy navzájem a mezi organismy a prostředím. Je to velmi obsáhlý vědní obor, který studuje a shromažďuje poznatky z oblasti biologie, chemie, fyziky, meteorologie, antropogeneze a jiných vědních oborů.

O významu hydrobiologie svědčí její rozmach v poslední době, protože se promítá do mnoha lidských činností spojených přímo nebo nepřímo s existencí člověka na naší planetě. Poznatky z hydrobiologie se využívají např. při zabezpečování pitné vody, tedy ve vodárenství, které je součástí rozsáhlého oboru vodního hospodářství. Řada odvětví je postižena negativními vlivy jako je eutrofizace povrchových vod. Zvláštním odvětvím hydrobiologie je čištění odpadních vod z průmyslu, zemědělství, lidských sídlišť. Zásadní význam má hydrobiologie jako vědní disciplína pro chov ryb /Hartman, Příkryl, Štědronský 1968/.

Znečištění hlavních toků v posledních letech významně kleslo, ale ještě se neprojevilo na menších vodních tocích. Přes stoupající podíl čištěných odpadních vod dosud několik tisíc obcí nemá vyřešenou kanalizaci a čištění odpadních vod. Většina velkých čistíren odpadních vod není vybavena technologiemi na snížení obsahu dusíku a fosforu. Problémem je také kontaminace některých úseků povrchových vod specifickými látkami (kovy, organické látky, pesticidy).

Je evidentní, že si nikdo nebude doma vyrábět pitnou vodu nebo se ve větší míře nebude zabývat čištěním odpadní vody. Nicméně, pokud někdo má vlastní studnu, čas od času si nechá v odborné laboratoři udělat test nezávadnosti. Mnozí si také pod nátlakem různých reklam doma na vodovod pořizují různá zařízení na úpravu vody. Pokud některý domek není napojen na centrální kanalizaci a má vlastní septik, občas řeší, jak se takový septik správně provozuje a co je výsledkem takového provozu. Zahradní bazén je v podstatě chemie sama. Proto je vhodné mít alespoň základní znalosti z této oblasti.

Z těchto důvodů je vhodné uspořádat exkurzi do vodárny nebo do čističky odpadních vod, které jsou po celé republice. Doporučit lze např. velice zajímavě projektovanou čističku odpadních vod ve skále (z důvodů stálé teploty provozu), která je zabezpečená i proti povodním. Nachází se v Lokti nad Ohří – viz foto 2 a 3.

Exkurzi do vodárny je možno se žáky absolvovat téměř v každé obci, ale vodárnu pro Prahu, která leží na Želivce nelze se žáky bohužel z bezpečnostních důvodů navštívit.



**Foto 2 a 3: Podzemní čistička odpadních vod v Lokti nad Ohří**



Druhy vod pro různé účely využití charakterizuje soubor fyzikálně chemických vlastností stanovitelných měření a chemickými analýzami vody. Tak např. voda určená pro vodárenské využití by měla mít co nejnižší obsah živin, naopak voda obhospodařovaných rybníků by měla být bohatě biologicky oživena v důsledku řízeného obsahu živin.

Ke zjišťování fyzikálně chemických poměrů je potřeba odebírat vzorky a ty analyzovat. Výsledky pak slouží k posouzení aktuálního stavu a k uplatnění potřebných opatření. Například za nejdůležitější faktory kvality vody z hlediska chovu ryb považujeme: teplotu vody, průhlednost, obsah kyslíku, pH vody, kyselinovou neutralizační alkalitu, obsah dusíku, fosforu, dusíkatých látek. Obdobné charakteristiky sledujeme i u pitné vody. Vzhledem k tomu, že žáci na gymnáziu na rozdíl od žáků Střední rybářské školy nestudují rybníkářství, zvolila jsem soubor úloh, které mají vztah převážně k pitné vodě, tvrdosti vody, minerálním vodám a vodě pro potravinářské účely. Rozbor vody pro potravinářské účely zahrnuje prakticky všechny důkazy, které můžeme se studenty provést i za jiným účelem, proto zde uvádím pro přehlednost stručný popis většiny možností, jak takovou vodu analyzovat. V souboru úloh v příloze jsou rozpracovány pouze některé pokusy viz kapitola 4.7.1. Velmi vhodné k analytickým rozborům jsou minerální vody, které je možno zakoupit v obchodech. Na závěr analýzy je potom možné zjištěné výsledky porovnat s etiketou na lahvi a diskutovat vhodnost použití jednotlivých druhů minerálních vod.

V rámci této úlohy žáci sexty Gymnázia Písnická vytvořili samostatný projekt s názvem Voda, z něhož je ukázka foto 4. Na projektu pracovali žáci sexty na podzim 2009. Žáci se inspirovali jednak v Seminári Aplikované ekologie a jednak v Laboratorních cvičeních z chemie, kde v tomto roce prevažovala analytická chemie. Blíže o tomto projektu pojednává kapitola 3.3.

Učivo, které se týká vody a vodního obalu Země – hydrosféry, se objevuje v tematických plánech na základních i středních školách v předmětech biologie, chemie i zeměpis. Některá stanovení kvality vody (čistotu vody) lze provádět poměrně snadno pomocí sady Visocolor ECO od firmy MN – MACHEREY – NAGEL. Použitelné jsou také sady pro stanovení vybraných iontů od firmy MERCK. Pomocí těchto sad lze stanovit např. dusičnany, fosforečnany, vápník. Tato stanovení jsou pouze orientační a v porovnání s klasickými metodami méně citlivé, lze s nimi ale detekovat nadměrné hodnoty. Tyto sady obsahují plastové zkumavky, činidla, srovnávací barevnou stupnici a návod. Výhodou je, že tyto sady lze použít přímo v terénu /Kanálková, Tůma 2010/.



JSOU MINERÁLNÍ  
VODY LÉČIVÉ ?

KTERÉ  
MINERÁLKY  
PIJEME KAŽDÝ  
DEN ?

VÍTE CO PIJETE?



Foto 4: Projekt Voda

## **Rozbor vody pro potravinářské účely /Kučerová 1988/**

Voda je základní surovinou potravinářského průmyslu. V současné době je limitující surovinou a v životním prostředí rozhodujícím činitelem zajišťujícím biologickou rovnováhu v přírodě.

Jakost vody pro potravinářský průmysl je nutno kontrolovat s přihlédnutím k jejímu použití v provozu, a to z hlediska hygienického, protože voda často přichází do styku s výrobky nebo je přímo součástí výrobku.

Rozbor vody se liší podle toho, jde-li o vodu pitnou, užitkovou nebo odpadní.

### **Odběr vzorků**

Pro odběr vzorků vody k chemickým a bakteriologickým rozborům i pro manipulaci se vzorky existují předepsané postupy. Rozsah rozborů se určuje podle druhu, množství a jakosti vody a podle účelu jejího použití.

Působením klimatických a jiných činitelů se složení vody v průběhu roku mění. Proto se z povrchových vod odebírají vzorky během roku několikrát. Jakost podzemních vod se mění jen nepatrně, proto se kontroluje pouze dvakrát ročně, na jaře a na podzim.

Pro fyzikálně chemické rozborů se odebírá 1 až 3 litry do čistých bezbarvých lahví se zabroušenými zátkami. Pro biologický rozbor se odebírají vzorky z hladiny, různých hloubek a ze dna. Pro bakteriologické vyšetření vody se odebírají vzorky do sterilních skleněných lahví. Ze studní se odebere vzorek po odčerpání vody z potrubí, z rybníků na nejhlubším místě /Kaličinská 2006/.

Současně s odběrem vzorků probíhá tzv. místní vyšetřování. Zjišťuje se teplota vody, vzduchu, zákal, pach, provádí se fixace kyslíku. Ostatní rozborů se provádějí v laboratořích.

### **Fyzikálně chemický a chemický rozbor**

Veškerá stanovení s výjimkou stanovení suspendovaných látek, kyslíku, volného CO<sub>2</sub>, BSK<sub>5</sub> a CHSK se dělají ve vodě přefiltrované. Do závěru se uvádí i doporučení eventuálních způsobů úpravy. Vysvětlení jednotlivých stanovení je v laboratorních úlohách v kapitole 4.8.1 úloha 6, 7, 8.

### **Stanovení pH**

Hodnota pH se obvykle zjišťuje potenciometricky s použitím skleněné indikační a kalomelové srovnávací elektrody. Hodnota pH má být stanovena ihned po odběru vzorku. Není-li to možné, chrání se vzorek před oteplením a zpracuje se co nejdříve. Pro orientační zkoušky se mohou použít též indikátorové papírky.

### **Stanovení veškerých látek**

Veškeré látky (odparek) jsou všechny tuhé látky přítomné ve vodě. Stanovují se gravimetricky. U čiré vody se stanovují přímým odpařením určitého objemu vzorku ve zvážené misce na vodní lázni do sucha. Odparek se suší do konstantní hmotnosti.

Zakalená voda se analyzuje buď jako vzorek bez předchozí filtrace nebo se analyzuje zvlášť odfiltrovaný podíl a zvlášť filtrát.

Veškeré látky dělíme z fyzikálního hlediska na nerozpuštěné (suspendované) a rozpuštěné. Při rozboru se nerozpuštěné látky oddělí od rozpuštěných filtrací a stanovuje se jejich odparek a zbytek po žhání.

### **Neutralizační kapacita vody**

Neutralizační kapacita vody je schopnost vody vázat určité látkové množství kyseliny nebo zásady do zvolené hodnoty pH. Vyjadřuje se v  $\text{mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Kyselinová neutralizační kapacita (alkalita) se stanovuje titrací vzorku roztokem silné kyseliny. Vyšší obsah volného  $\text{CO}_2$  nebo  $\text{CO}_2$  uvolněného z uhličitánů titrací ruší přesné stanovení bodu ekvivalence.  $100 \text{ cm}^3$  vzorku titrujeme buď na fenolftalein nebo methyloranž roztokem  $\text{HCl}$  ( $c=0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ).

Zásadová neutralizační kapacita (acidita) se stanovuje titrací vzorku vody roztokem silné zásady.  $100 \text{ cm}^3$  vzorku titrujeme na methyloranž nebo fenolftalein roztokem  $\text{NaOH}$  ( $c=0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ).

### **Stanovení chloru**

Chlor se stanovuje v pitné vodě kolorimetricky nebo jodometricky.

Fotometrická metoda je založena na reakci aktivního chloru v kyselém prostředí s o-tolidinem, kdy vzniká žluté až oranžové zbarvení. Intenzita zbarvení se měří fotometricky nebo srovnáním se standardními roztoky.

Jodometrická metoda je založena na oxidaci jodidu chlorem v kyselém prostředí za vzniku ekvivalentního množství jodu. Uvolněný jod se titruje odměrným roztokem thiosíranu na škrobový roztok do odbarvení. Koncentrace aktivního chloru ( $\text{Cl}_2$ ) se vyjadřuje v  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

### **Stanovení rozpuštěného kyslíku podle Winklera**

Kyslíkem rozpuštěným ve vodě se čerstvě vysrážený  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  oxiduje na hydroxidy manganu s vyšším oxidačním číslem, které po okyselení oxidují přidaný  $\text{KI}$  na volný jod. Jod se stanoví titrací thiosíranem na škrobový roztok do odbarvení. Postup stanovení viz rozpracovaná laboratorní úloha v kapitole 4.7.1 číslo 5.

### **Stanovení biochemické spotřeby kyslíku (BSK)**

Biochemická spotřeba kyslíku je definována jako množství kyslíku v miligramech spotřebovaného za stanovenou dobu k samovolné oxidaci organických látek obsažených v  $1 \text{ dm}^3$  zkoušené vody. Na oxidaci se podílejí přítomné mikroorganismy. Stanovená doba oxidace, vyjádřená počtem dnů, se uvádí jako index u symbolu BSK. Nejčastěji se udává spotřeba kyslíku za celkovou dobu 5 dnů, tedy  $\text{BSK}_5$ . Hodnoty BSK se používá k posouzení stupně znečištění odpadních vod biochemicky rozložitelnými organickými látkami při vyhodnocování jakosti vody.

Při vlastním stanovení BSK se u zkoušeného vzorku vody stanoví množství rozpuštěného kyslíku poprvé ihned po odběru a podruhé po 5 dnech stání. Zjištěný rozdíl stanovených množství odpovídá kyslíku spotřebovanému za udanou dobu, tedy BSK.

Ke zkoušce spodních a čistých povrchových vod se používá přímo odebraný vzorek, u říčních vod se ředí zředovací vodou v poměru 1 : 100 až 1 : 20. Odpadní vody se ředí podle stupně znečištění v poměru 1 : 100 až 1 : 500 i více.

Jako zředovací voda se používá vyzkoušená studniční, pramenitá nebo i vodovodní voda, která byla probubláním vzduchu nebo protřepáváním dokonale provzdušněna a

jejíž BSK<sub>5</sub> stáním 2 až 4 týdny kleslo pod hodnotu 0,2 mg.dm<sup>-3</sup>. Ke zředování nelze použít vodu obsahující chlor či jiná antiseptika. Postup stanovení viz rozpracovaná laboratorní úloha v kapitole 4.7.1 číslo 6.

### **Stanovení chemické spotřeby kyslíku ( CHSK)**

Zkouška má podobný význam jako BSK. Je rychlejší, ale použitelnost výsledků je menší. Zjišťuje se množství kyslíku potřebného k oxidaci veškerých organických látek přítomných ve vodě. Pomalu probíhající biochemická oxidace rozpuštěným vzdušným kyslíkem je zde nahrazena daleko rychlejší a účinnější chemickou oxidací manganistanem draselným nebo dichromanem draselným. Spotřeba KMnO<sub>4</sub> se pak přepočte na odpovídající množství spotřebovaného kyslíku. Získaný údaj nazýváme chemickou spotřebou kyslíku (CHSK).

Ke stanovení CHSK v pitné vodě používáme manganistanové metody podle Kubela. Při této metodě se organické látky přítomné ve vodě oxidují varem s přebytkem roztoku KMnO<sub>4</sub> v kyselém prostředí (postup stanovení viz rozpracovaná laboratorní úloha v kapitole 4.7.1 číslo 7).

Pro více znečištěné a odpadní vody je vhodné stanovení čtyřhodinovou zkouškou. Organické látky přítomné ve vodě se oxidují přebytkem KMnO<sub>4</sub> v kyselém prostředí po dobu čtyř hodin při teplotě 28°C. Nespotebovaný KMnO<sub>4</sub> uvolní z přidaného KI ekvivalentní množství jodu. Uvolněný jod se stanoví titrací thiosíranem sodným na škrobový roztok do odbarvení. (postup stanovení viz rozpracovaná laboratorní úloha v kapitole 4.7.1 číslo 8).

Čím dál více se uplatňuje dichromanová metoda. Metoda je založena na oxidaci organických látek ve vodě dichromanem draselným v silně kyselém prostředí při dvouhodinovém varu. Oxidace je katalyzována stříbrnými ionty a probíhá v nadbytku dichromanu. Množství dichromanu spotřebovaného na oxidaci organických látek se po ukončení oxidace zjistí titrací roztokem síranu diamin železnatého na indikátor feroin.

### **Společné stanovení obsahu vápníku a hořčíku (tvrdosti vody)**

Běžnou součástí vod jsou rozpuštěné vápenaté a hořečnaté soli, které způsobují tzv. tvrdost vody. Tyto soli jsou vázány ve formě:

- hydrogenuhličitanů, které tvoří přechodnou tvrdost vody,
- síranů, chloridů a ostatních solí, které tvoří stálou tvrdost vody.

Obsah vápníku a hořčíku se tradičně vyjadřuje v mmol . l<sup>-1</sup>. Také je možno obsah vyjádřit v mg Ca v 1 litru vody. Tvrdost vody se také uvádí v německých stupních (1°=10 mg CaO v 1 litru vody), v mg CaO nebo MgO v 1 litru vody. Žákům je třeba vysvětlit, že ve vodárenství je velmi používaná jednotka objemu litr místo dm<sup>3</sup>.

Stanovení obsahu vápníku a hořčíku ve vodě je důležité zejména u vod napájecích, varné vody v pivovarech, vody k výrobě octa apod.

Obsah vápníku a hořčíku (celková tvrdost vody) se stanovuje titrací chelatonem 3 (postup stanovení viz rozpracovaná lab. úloha v kapitole 4.7.1 číslo 3).

K informačnímu rozboru je možno použít metody podle Clarka. Ve válci se zabroušenou zátkou se titruje voda ethanolovým roztokem mýdla za neustálého třepání. Z vody se srážejí vápenaté a hořečnaté ionty jako nerozpustná mýdla. Nadbytek mýdlového roztoku se po překročení bodu ekvivalence projeví tvorbou husté a stálé pěny, která má vydržet 5 minut. Tato metoda se používá při sériových informačních rozbořech, kdy nezáleží na větší přesnosti.

Pojem „tvrdost vody“ je stále používaný, i když někteří autoři jej považují za zastaralý a v podstatě i nesprávný, protože neodpovídá svým významem správnému popisu vlastností vody /Strnadová 2007/. Tímto pojmem jsou totiž vápníku a hořčíku přisouzeny stejné chemické i biologické vlastnosti, ale vliv tvrdosti vody není ve většině případů ve vztahu k celkovému obsahu vápníku a hořčíku, ale ve vztahu ke koncentraci jen jednoho z nich. Např. z hlediska tvorby nánosů v potrubí je závadnější vápník než hořčík. V betonářství je při vyšší koncentraci hořčíku nebezpečí jeho negativního působení na beton. Důležitější je tedy hodnotit vliv vápníku a hořčíku vždy samostatně. Ve školních učebnicích se stále tradují i pojmy přechodná, trvalá tvrdost vody, což jsou pojmy pro žáky celkem pochopitelné a snadno vysvětlitelné, ale v současné vodohospodářské literatuře se s nimi již nesetkáváme.

### **Stanovení železa**

Ke stanovení veškerého, rozpuštěného a nerozpuštěného železa v pitné vodě se používá fotometrická metoda s dipyridylem. Používá se i metoda s thiokyanatanem nebo metoda absorpční spektrometrie.

### **Stanovení manganu**

Při fotometrické metodě se sloučeniny manganu kvantitativně oxidují na manganistan thiosíranem v kyselém prostředí při zvýšené teplotě a za katalytického působení stříbrných iontů. Intenzita zbarvení je úměrná koncentraci manganu.

Rovněž lze použít atomové absorpční spektrometrie.

### **Stanovení rozpuštěných anorganických orthofosforečnanů ( $\text{PO}_4^{3-}$ )**

Orthofosforečnany (soli kyseliny trihydrogenfosforečné) v pitné vodě se stanovují fotometrickou metodou na základě jejich reakce s molybdenanem amonným v prostředí  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a antimonitých iontů. Po redukci kyselinou askorbovou vzniká modré zbarvení. Koncentrace fosforečnanů odpovídá změřené absorbanci.

Obsah orthofosforečnanů lze vyjádřit i jako obsah fosforu (1 mg  $\text{PO}_4^{3-}$  odpovídá 0,326 mg.dm<sup>-3</sup> fosforu).

### **Stanovení dusitanů**

Dusitany tvoří s mnoha činidly azová barviva, čehož se využívá k jejich kolorimetrickému stanovení. Mezi tato činidla patří hlavně sulfanilová kyselina a 1-naftylamin.

### **Stanovení dusičnanů**

Dusičnany se vyskytují ve všech vodách. Vzhledem ke stále většímu používání umělých dusíkatých hnojiv dochází trvale ke zvýšenému pronikání dusičnanů do spodních vod, kde jejich koncentrace neustále vzrůstá.

Ke kvantitativnímu stanovení dusičnanů se používá celá řada metod, např. kolorimetrické stanovení s brucinem nebo salicylanem sodným a polarografické stanovení. Kolorimetrické stanovení dusičnanů se salicylanem sodným probíhá v prostředí konc. kyseliny trichloroctové nebo sírové. Po alkalizaci roztokem NaOH vzniká žlutě zbarvená sůl nitrosalicylové kyseliny. Zbarvení je stále několik hodin.

## 4.5.2 Analýza potravin

Analýza potravin a analýza látek důležitých pro člověka spolu velmi úzce souvisí a některé pokusy lze zařadit do obou témat. Do této kapitoly jsem zařadila analýzu látek, které využíváme hlavně jako potraviny nebo s potravou bezprostředně souvisí (inhibice enzymů).

Zdravá výživa je tématem ve škole často připomínaným, ale systematicky ve školní výuce nezařazovaným. Nabízí se tedy jako vhodné téma pro zpracování v různých školních chemických projektech /Šulcová, Pisková 2008/, pokusech v chemii nebo nejlépe v úlohách analytické chemie.

Dnešní doba je charakterizována velkým civilizačním a technickým pokrokem. V uspěchaném životě máme různé nesprávné stravovací návyky, které negativně ovlivňují naše zdraví a vedou tak ke vzniku mnoha chorob. Právě z tohoto důvodu je nutné zdůrazňovat význam péče o zdraví a jeho upevňování, zvláště v podmínkách současného zhoršeného životního prostředí.

K rozšíření povědomí o dané problematice prostřednictvím vzdělávání na gymnáziu poslouží žákům například soubor pokusů zabývajících se analýzou některých potravin nebo látek v potravinách. Úlohy jsou zaměřeny především na problematiku výživy z pohledu chemie, biologie, ekologie, výchovy ke zdraví, ale také rozvoje osobnostní a sociální výchovy, etiky chování, sociální komunikace a morálky. V neposlední řadě žáci řešením úkolů rozšiřují řadu dovedností i kompetencí, jako je např. zdravotní i mediální gramotnost.

Cílem úloh není jen vlastní analýza nebo jejich popis a soubor doporučení, ale v rámci závěrů a hodnocení experimentů i diskuse, která vede k všestrannému rozvoji vědomostí, dovedností a návyků, které povedou žáky k zodpovědnosti za vlastní zdraví, k vytvoření, rozšíření a upevnění osobního vztahu k zásadám zdravé výživy a zdravého životního stylu.

Na tomto místě zmíním dvě publikace, které obsahují velké množství jednoduchých experimentů týkající se tohoto tématu. Je to jednak publikace Přírodovědné projekty /Šulcová, Pisková 2008/, kde jsou témata např. Zdravá výživa a Mléko, do kterých jsou zahrnuty laboratorní úlohy :

- Identifikace tuku v semenech rostlin
- Liebermannův-Buchardův test na steroly
- Důkaz škrobu v uzenářských výrobcích
- Důkaz redukujících/neredučujících sacharidů
- Biuretový test (Xanthoproteinový) na peří, bílek
- Denaturace bílkovin
- Rozbor mléka
- Druhá publikace, která je také nová, jsou Netradiční experimenty z organické a praktické chemie /Šulcová, Böhmová 2007/ a zahrnují také některé analýzy potravin :
- Důkaz škrobu, bílkovin, lepku

- Funkce enzymů, rostlinné proteázy
- Důkaz laktázy v mléce
- Identifikace tuku v potravinách, vlastnosti tuků, cholesterol
- Vitamín C, vitamín A
- Kofein
- Barviva v potravinách

Obě publikace jsou nové a není třeba z nich jednotlivé úlohy přepisovat, je možno z nich čerpat přímo. Podobné úlohy (bílkoviny, vitamíny, tuky, sacharidy) jsou hezky zpracované i v publikaci /Klečková, Šindelář 2007/.

Pro potřeby analytické chemie jsem vybrala několik pokusů, které jsou z hlediska provedení vhodné, např. alkalimetrie pro stanovení octa, manganometrie při stanovení kyseliny šťavelové, argentometrie pro stanovení chloridů. Z hlediska výživy a biochemie jsou vhodné úlohy jako např. důkazy látek v mléce /Mokrejšová 2005/, kyselost mléka. Velmi málo se v rámci biochemie pracuje s enzymy, přestože kromě chemie je to významná část učiva i v biologii, proto jsem zařadila jeden experiment. Pokusů s enzymy je celá řada, ale řadíme je hlavně do biochemie než do analytické chemie.

Někdy můžeme pro potřeby chemických laboratorních cvičení využít i publikace, které se na první pohled příliš chemicky netváří. Osvědčila se mi knížka Ovoce na stovky chutí /Lánská, Zemina 2009/, kde jsou u více jak padesáti druhů běžně dostupného ovoce a ořechů uvedeny obsahové látky, vitamíny, barviva, třísloviny atd. Tyto druhy je možno zařadit k analýze do praktických cvičení. Pro žáky je vždy zajímavé, pokud chemie má vztak k běžnému životu a příliš z něho nevyčnívá.

Laboratorní úlohy, které se týkají vitamínů jsou přepracované podle publikace /Šejdr, Wegiel 1965/.

### 4.5.3 Analýza rostlin

Obsah látek v rostlinách nás zajímá z několika důvodů. Vzhledem k tomu, že rostliny jsou pro nás také zemědělské plodiny, tedy hlavní zájem je potravní. Je pro nás důležité, zda rostlina (plodina, ovoce, zelenina, atd.) obsahuje sacharidy, bílkoviny, škrob, vlákninu, vitamíny, minerální látky a stopové prvky.

Další hledisko, s tím předchozím velmi úzce související, je léčitelství. Rostliny jsou jako droga (každá usušená rostlina) používány buď přímo ve formě čajů, výluhů, koupelí, kloktadel nebo jsou z léčivých rostlin připravovány výtažky, které se aplikují ve formě kapek, tinktur, sirupů.

Tento přirozený vegetabilní materiál zůstává tak dlouho výrobní surovinou, dokud se chemii nepodaří uměle a levněji účinnou látku vyrobit synteticky. Význam drogy pak klesá až zaniká. V poslední době však obliba přírodního léčitelství spíše roste.

Není sporu o tom, že často je rostlina „učitelkou chemie“. Chemie připravuje látky podle vyzkoušeného přírodního modelu totožné nebo obdobné. Živá příroda v sobě stále skrývá nepřeberné množství dosud nezjištěných léčiv, a proto bude pro syntetickou chemii (i analytickou) stále nevyčerpatelným zdrojem. Rostliny obsahují alkaloidy, glykosidy, saponiny, silice, slizy, třísloviny, hořčiny, minerální látky, organické kyseliny, vitamíny, fytoncidy, tuky a oleje, rostlinná barviva, látky s hormonálním působením, mléčné šťávy.

Některé rostliny mají schopnost poutat jedovaté látky, např. doma hojně pěstovaný Scindapsus váže formaldehyd, tím je vhodný do novostaveb, k novému nábytku. U některých rostlin (plodin) tuto vlastnost neradí vidíme, protože obsah toxinů nás může ohrožovat. Proto např. sledujeme přítomnost sloučenin stroncia u kukuřice, atd.

Pro chemickou analýzu je rostlinný materiál téměř ideální. Po nutné mineralizaci a znalosti, co v jaké rostlině můžeme analyzovat, pokusy vycházejí žákům celkem přesvědčivě.

Úlohy v kapitole 4.7.3. jsou upraveny pro potřeby analytické chemie podle publikací /Baer 1965/, /Dostál 1975/, /Šmídová 1973/ a /Dvořák 1991/. Důkazy bílkovin, sacharidů a tuků v rostlinném materiálu jsou upravené podle /Boháč 1986/. Všechny tyto citované publikace jsou biologické, v klasické chemii bychom tyto náměty těžko hledali.

Jedna s nejčastěji prováděných úloh na gymnáziu je chromatografické dělení rostlinných barviv. Chromatografii je možno provádět podle vybavení různými způsoby, vybrala jsem pouze některé jednodušší a upravila podle /Kozáková a kol. 1975/, /Buchar, Halbych, Borovička 1964/ a /Šimek 1955/. Foto 5 ukazuje práci studentů při analýze barviv.



**Foto 5: Dělení a důkaz rostlinných barviv**

#### **4.5.4 Uplatnění chemické analýzy v zemědělství**

Období vzniku a rozvoje zemědělství v neolitu se považuje za významný mezník ve vývoji lidské společnosti. Zemědělský způsob hospodaření přinesl lidem obživu, zároveň ale přinesl významnou změnu z hlediska působení člověka na přírodní prostředí. Ekologické důsledky jsou např. eroze půdy, zaselování půdy vlivem zavlažování, zavlečení druhů ze vzdálených geografických oblastí.



Chemie a analytické chemie se bezprostředně týkají negativní důsledky používání chemických prostředků v zemědělství, především pesticidů, které se hromadí v těle rostlin i živočichů a mohou způsobit jejich úhyn, případně se potravním řetězcem mohou dostat i do lidského organismu a způsobit vážné zdravotní problémy.

Zemědělská výroba je také zdrojem úniku skleníkových plynů, a to hlavně methanu, který se do ovzduší ve zvýšené míře dostává při pěstování rýže a při chovu hovězího dobytka.

Vzhledem k problémům a negativním důsledkům, které provázejí současnou zemědělskou výrobu, hledají se nové přístupy k zemědělskému hospodaření. Postupně se začíná uplatňovat tzv. ekologické zemědělství (biozemědělství), které se snaží nepoužívat chemické látky a snaží se o celkově šetrnější přístup k půdě a krajině. Dobře promyšlené střídání plodin na zemědělské ploše nevyžaduje v takové míře hnojení a pěstování plodin na principu tzv. permakultury (směs různých plodin namísto monokultury). Zde právě může a musí pomoci analytická chemie při rozborech půdy, rozborech vody ve vodotečích (občas dochází ke splachu hnojiv), rozborech látek v zemědělských plodinách (některé plodiny absorbují z půdy jedovaté sloučeniny kovů), stanovení látek v potravních řetězcích, stanovení pH půdy vlivem kyselých dešťů, stanovení množství sloučenin olova podél silnic a hlavně na polích podél silnic.

Analýza půd patří k jednodušším analýzám. Kromě stanovení  $\text{CaCO}_3$  v hornině jsem pro chemické analýzy vybrala rozbor půd /Baer 1965/ a hnojiv.

Již nejstarší ekologická pozorování a studie odhalily úzký vztah výskytu jednotlivých typů vegetace k vlastnostem půdních pokryvů. Pro zemědělce to znamená, že na jednotlivých typech půd nemohou pěstovat libovolné plodiny. A jaké vlastnosti půda má ukáže fyzikálně chemický rozbor. Geobotanikové kromě vyložení fyzikálních vlastností (vlhkost, pórovitost, zrnitost, aj.) měří elektrickou vodivost půdního extraktu, pH, obsah uhličitánů, množství a formu humusu, obsah oxidovatelného uhlíku, obsah dusíku a jeho forem, stanovení fosforu, stanovení chloridů argentometricky, stanovení síranů gravimetricky, stanovení některých dalších kationů a aniontů. Pro zjištění vlastností půd je specifické měření pufrovitosti (ústojnosti) přidávkem kyseliny a hydroxidu. Jedná se o odolnost půdy měnit reakci (pH) při působení kyselých nebo zásaditých roztoků. Pufrovitost půdy závisí na adsorpční kapacitě povrchů, stupni a typu adsorbovaných iontů, na obsahu kyselin, bazí a jejich solí v půdním roztoku, na obsahu a stupni zvětrávání jílovitých minerálů, obsahu humusu, apod. Znalost pufrovitosti je důležitá např. pro posouzení dopadu fyziologicky kyselých hnojiv nebo vápnění na změnu reakce půdy, vliv atmosférické depozice kyselých dešťů nebo cementárenského prachu nebo amoniaku u velkochovů dobytka na změnu reakce půdy nebo šťávy buněčné listových pletiv rostlin, pro určení kritických zátěží spadu kyselých nebo zásaditých znečišťujících látek, pro zjištění potřeby vápnění kyselých pozemků nebo odhadu dopadu vápnění lesů na změnu reakce nadložního humusu, aj. Úlohy, které se týkají půd a pufrovitosti jsou velmi dobře zpracované v publikaci Praktikum vybraných ekologických metod /Sucharda 2007/, i když pro potřeby gymnázia poněkud obtížné.

Zvláštností půdy je omezená migrace látek, které jsou v ní obsaženy. To znamená, že každé lokální znečištění se projeví ve větším měřítku až po dlouhé době. To vede k naivní představě, že do půdy lze ukládat nebo vypouštět jakékoliv odpady. Příklady znečištění podzemních vod ukazují, že kapacita půdy má své hranice, které nelze překračovat. Dekontaminace půd je velmi složitá a drahá. Delší dobu se dělají výzkumy v oblasti remediací pomocí některých druhů rostlin, které jsou schopné přeměnit toxické látky na netoxické, což znamená i možnosti dalšího využití těchto rostlin. Samozřejmě až po analytické analýze.

Kontaminanty v půdách mohou být anorganické (sloučeniny olova, rtuti, kadmia, mědi a dalších kovů hlavně ze skládek) i organické (insekticidy, herbicidy, ropné produkty, chlorované dibenzodioxiny, dibenzofurany, polycyklické aromatické uhlovodíky). Závažné je i znečištění radioaktivními izotopy (hlavně  $^{38}\text{Sr}$ ). /Kaličinská 2006/.

Přes všechna negativa, která nás varují, si zemědělství bez hnojiv nedokážeme představit. Nejvíce se používají dusíkatá a fosforečná hnojiva, a tak se dosahují vysoké výnosy. Co je však nejisté, jsou dlouhodobé vedlejší účinky vysokých dávek hnojiv. Je již známo, že je ovlivněna dlouhodobá úrodnost půdy pozvolnou změnou fyzikálně chemických vlastností půdy a tím i změnou životních podmínek pro půdní mikroflóru a mikrofaunu. Rostliny využijí 10–95 procent umělých hnojiv, nevyužitá část je splachována a vymývána dešťovou vodou a dostává se do podzemních i povrchových vod.

Nebezpečí nadměrného hnojení spočívá také například v narušení přirozeného koloběhu zmíněných prvků v přírodě. Tak například v půdě žijí nitrifikační bakterie (váží dusík do organických sloučenin) a denitrifikační (uvolňují dusík do atmosféry). Vázaného dusíku, dodávaného ve formě umělých hnojiv je nadbytek a denitrifikační bakterie nestačí udržovat rovnováhu.

Geochemický koloběh fosforu je velmi pomalý, protože téměř chybí atmosférický transport (fosfor netvoří těkavé sloučeniny). Zdrojem fosforu je zvětrávání hornin a protože jsou jeho sloučeniny málo rozpustné, jsou unášeny do moře a sedimentují. Člověk do tohoto koloběhu zasahuje nadměrnou těžbou.

Kontaminace půd škodlivými látkami má v našem státě lokální charakter, způsobený průmyslovými aglomeracemi, těžbou nerostných surovin, ukládáním odpadů, kalů z čistíren aj. Velkoplošná kontaminace zemědělských půd nebyla prokázána. Významné riziko pro zdraví představují staré ekologické zátěže z výrobních provozů – kontaminace výrobních provozů, půdy, podzemních vod, hornin. Celková produkce odpadů i nebezpečných odpadů je poměrně vysoká, protože přetrvává významný podíl skládkových odpadů a nízký podíl recyklace odpadů. Při nakládání s odpady nejsou v dostatečné míře používány technologie, které preferují ochranu lidského zdraví a životního prostředí.

#### **4.5.5 Analýza polymerů**

Polymery jsou jednak látky přírodní – např. bílkoviny, jednak uměle (synteticky) vyrobené. V této kapitole se budu věnovat polymerům uměle vyrobeným, které zahrnují plastické hmoty, syntetická vlákna a celou řadu dalších látek, které se nepodobají ani plastové mističce, ani syntetickému tričku a pro ty ponechám pojmenování polymery.

Polymery jsou pro nás důležité z několika důvodů. Jednak nahrazují dnes již nedostatkové přírodní materiály a z hlediska analytické chemie se ptáme, z čeho jsou jednotlivé výrobky vyrobené. Z hlediska trvale udržitelného rozvoje nás zajímá, co se stane s plastem, který již nepotřebujeme, za jak dlouho se na skládce nebo odhozený v přírodě rozloží a zda jej nelze ještě jednou použít- recyklovat. Zde by mělo platit tzv. Pravidlo tří R :

Reduce – omezování vzniku odpadů

Reuse – znovupoužívání, např. kelímků jako květináčků

Recycle – recyklace odpadu a jeho využití jako výchozí suroviny

V neposlední řadě se nabízí i hledisko, které se týká vlivu na člověka. Lze vytipovat některá negativa, např. při nošení syntetického oblečení: neprodyšnost, alergizující vliv, vznik statické elektřiny, určitá nevzhlednost oproti tradičním přírodním materiálům. Na druhou stranu klady mohou mírně převažovat: nemačkavost oblečení, nesrážlivost, trvalé barvy, pro které jsou tyto materiály a výrobky z nich oblíbené.

Současná chemie umí vyrobit téměř jakýkoliv plast, který zákazník potřebuje a zaplatí. Recyklace by také neměla být problémem, ale nastává problém, kdo ji zaplatí. Kdo zaplatí sběrné kontejnery, jejich vyvážení, následnou recyklaci. Jedna věc jsou tedy peníze, další problém je nechuť spoluobčanů odnést odpad o kousek dál do jiného kontejneru a často zavádějící informace, které pletou ty, kteří by odpad třídili. Na fotografii 6 je vidět, co všechno dávají lidé do kontejneru na komunální odpad (převážně vedle kontejneru) a to je na něm výslovně napsáno, že do něho nepatří sklo, plasty, papír, pneumatiky a zahradnický odpad. V obci (na jiném místě) je kontejner na sklo a plast.



**Foto 6: Kontejner na komunální odpad a jeho využití**

Foto 7 ukazuje bezodpadovou recyklaci pneumatik ve Vřesové. Ještě jeden takový provoz je na jižní Moravě a oba tyto provozy pracují pouze půl roku v roce – nemají dostatek pneumatik. Obce nemají prostředky na jejich svoz, vozí je pouze větší autoopravny. A přitom se z použitých pneumatik dá vyrobit mnoho výrobků a konečný odpad, což je podstatě buta-1,3-dien, lze i kompostovat.



**Foto 7: Bezodpadová recyklace pneumatik ve Vřesové**

Abychom mohli správně třídit odpady pro další recyklaci, musíme vědět z čeho jsou jednotlivé obaly a výrobky vyrobené /Beneš a kol. 1986/, /Beneš a kol. 1983/, /Hrstka 1998/, /Černá, Gregor 1990/. Většinou mají výrobky na sobě značku, logo, zkratku, z které se dá složení identifikovat. Na přesné chemické složení nám odpoví analytický rozbor /Mokrejšová 2005/ a tedy z hlediska analytické chemie nás především zajímá analýza polymerů, resp. plastů. Je však třeba vždy u podobných úloh se žáky probrat i ekologický dopad takových látek a tuto tematiku bych zařadila i do jiných hodin a předmětů (biologie, ekologie, občanská nauka) nebo do programu projektových dnů, pokud je škola dělá. Velmi vhodný námět je např. v publikaci /Šulcová, Pisková 2008/ a /Šulcová a kol. 2007/.

#### **4.5.6 Analýza látek důležitých pro zdraví člověka**

Zdravý životní styl a zdravá výživa jsou nedílnou součástí celého lidského života. Vzhledem k současnému stylu života, je důležité začít s výchovou k ochraně lidského zdraví již od raného věku. Je nutné vést děti a žáky škol k uvědomování si zodpovědnosti za zdraví, k vytvoření a upevnování vztahu k zásadám zdravé výživy. V tomto smyslu je nezbytné směřovat jejich myšlení k uvědomování si hodnoty zdraví a snaze si je udržovat.

Hlavním zdrojem ohrožení zdraví a života byly dříve různé nepříznivé podmínky a vlivy přírody, které působily spíše jednotlivě (nedostatek potravy, živelné pohromy). Průmyslová výroba, technický rozvoj a zvyšující se civilizace, umožnily před některými

vlivy člověka chránit, ale vnesly do životního prostředí celou řadu změn, které mají na zdraví člověka negativní dopad a dnes mluvíme o multifaktorové koncepci vzniku nemocí a poškození zdraví.

Život člověka stejně jako ostatních živých organismů je možný pouze za neustálé látkové a energetické výměny s okolím. Je to tedy otevřený systém závislý na okolním životním prostředí. Životní prostředí chápeme jako integrovaný dynamický systém, ve kterém se uplatňuje složité propojení množství faktorů fyzikálních, chemických, biologických a sociálních. Integrace mezi působícím faktorem a organismem je sledována v rámci lékařského výzkumu.

Za chemické faktory považujeme stamilióny chemických sloučenin, které se dostávají do životního prostředí a které příroda nezná. Tyto cizorodé látky označujeme jako xenobiotika a způsobují škodlivý účinek na zdraví člověka nebo na životní prostředí. Tato vlastnost se projevuje jen při určité expozici, která je často ztotožňována s přijatou dávkou. Expoziční cesta je popis procesů, kterými prochází škodlivá látka v jednotlivých složkách životního prostředí včetně vstupu do organismu. Expoziční vstup jsou pak cesty, kterou chemická látka proniká do organismu (dýchací ústrojí, trávicí trakt, kožní vstřebávání). Mezi základní principy ochrany zdraví patří hlavně prevence a předběžná opatrnost.

Z hlediska dostupnosti pro analýzu ve škole a podle toho, zda a jak se studenti s danou látkou mohou setkat, lze tyto látky rozdělit do několika skupin. Látky, které mají bezprostřední vliv na zdraví člověka můžeme rozdělit do tří skupin: ty co člověku prospívají, ty co člověka ohrožují a léky, které používáme v případě nemoci.

Pro analýzu můžeme použít některé zbylé přípravky nebo zakoupit v lékárně přípravky, které nejsou drahé a vydávají se bez receptu. Můžeme stanovit kyselinu boritou v borové vodě, jód v jodové tinktuře, kyselinu acetylsalicylovou v acylpirinu, obsah síranu zinečnatého v očních kapkách, stanovit kyselinu askorbovou nebo železo v šumivých tabletkách /Zahradníček 1973/, /Zahradníček 1978/, /Zahradníček 1980/. Látky, které nás ohrožují jsou například dusitany v zelenině nebo cholesterol v tucích.

Dusičnany a dusitany se mohou přeměnit na nitrosloučeniny, z nichž mnohé jsou karcinogenní. Většina nitrosaminů se projevuje hepatotoxicky. Dochází k alkylaci nukleových kyselin, tedy k mutacím. Denně vzniká v organismu obrovské množství mutací, které jsou většinou „opraveny“ tzv. reparačními mechanismy. Pro jejich fungování je potřeba přítomnost tzv. ochranných látek v potravě. A právě zelenina poskytuje řadu cenných látek, především ochranného charakteru, vitamíny, minerální látky, vlákninu atd. Negativní účinek dusičnanů je tak většinou dostatečně eliminován. Pravidelná konzumace zeleniny vede ke snížení možnosti výskytu rakoviny /Tůma, Petrlíková 2006/, /Tůma, Petrlíková 2007/.

Látky, které naše tělo potřebuje a jejichž důkazy a stanovení jsou poměrně jednoduchá, jsou vitamíny a minerální látky /Agerbo, Andersen 1997/.

Vitamíny jsou nezbytnou součástí výživy člověka. Moderní člověk se poněkud vyčlenil z přírody a to mu dává falešnou iluzi o nezávislosti na prostředí, které jej obklopuje. Příprava umělých chemických prostředků, které mají negativní dopad důsledků vykolejení člověka z přirozeného řádu, stojí stále více finančních prostředků. Potravinářský průmysl nám nabízí stále více různých atraktivních pochutin, pamlsků a nápojů, takže složení potravy značně pokulhává za požadavky racionální výživy a naše populace trpí nedostatkem vápníku, vitamínu C, zinku, selenu, fosfolipoproteinů, hořčíku, jodu, vláknin a dalších nezbytných látek.

Vitamíny a minerály hrají mnohem důležitější a komplexnější roli v ochraně našeho zdraví a prevenci nemocí, než jsme si dříve představovali. Tradičně dělíme vitamíny na vitamíny rozpustné v tucích (vitamín A, D, E, K) a rozpustné ve vodě (vitamín B1-thiamin, B2-riboflavin, B3-niacin, B6-pyridoxin, B12-kobalamin, kyselina listová, biotin, kyselina pantotenová, vitamín C-kyselina askorbová). Není předmětem této práce popisovat účinky jednotlivých vitamínů, pouze lze říci obecně, že většinu z nich musíme přijímat v potravě a tak, jak má člověk zdravotní obtíže při jejich nedostatku, mohou nastat obtíže při jejich předávkování.

O minerálních látkách se všeobecně ví ještě méně než o vitamínech. Tradičně jsou některé minerály označovány jako stopové prvky. Rozdíl je v tom, kolik jich ve stravě potřebujeme. Zatímco naše denní potřeba minerálů vápníku, síry, fosforu, sodíku, draslíku a hořčíku je měřena v dávkách stovek miligramů až gramů, naše denní potřeba stopových prvků železa, zinku, jodu, selenu, mědi, fluoru, molybdenu, kobaltu a chromu je několik mikrogramů nebo miligramů.

Minerály mají velkou škálu důležitých funkcí. V kostech a zubech je obsažen vápník, fosfor, zinek, hořčík a fluor. Železo nacházíme v hemoglobinu. Jod je hlavním stavebním kamenem hormonů štítné žlázy, selen, síru nacházíme ve vlasech, nehtech kůži. Síra se také nachází v tkáni chrupavek. Fosfor je vázán na tuky ve sliznicích, sodík, chlor a fosfor regulují rovnováhu vody a soli v těle.

Uvnitř buněk nacházíme minerály v enzymech, které regulují rozkládání bílkovin, uhlovodíků a tuků. Vápník se podílí na signálním systému, který přenáší informace z vnějšího prostředí dovnitř buněk. Selen, zinek a mangan tvoří součásti antioxidantních enzymů /Kocourek, Leblová, Šípal 1963/, /Pospíšil 1980/.

Životně důležité minerály nacházíme ve většině potravin, ale pokud máme splnit veškeré požadavky našeho organismu, je nutné zachovávat vyváženou stravu. Územní podmínky zde mohou hrát značnou roli – např. ve vnitrozemských státech se jodizuje kuchyňská sůl nebo např. v Dánsku půda obsahuje poměrně malý obsah selenu ve srovnání s jinými částmi světa /Agerbo, Andersen 1997/.

Nejobvyklejší příčinou nedostatku minerálů je požívání příliš malého nebo naopak příliš velkého množství něčeho, co může blokovat příjem minerálů do trávicího traktu. Většina minerálů je ve vysokém dávkování toxická.

Člověk v různých etapách života (novorozenec, batole, dítě školního věku, dospělý člověk, těhotné ženy, staří lidé) potřebuje minerálních látek rozdílné množství a také sportovci, alkoholici, kuřáci, nemocní lidé, lidé na dietách a používající antikoncepční pilulky by měli příjem minerálů zvýšit nebo snížit dle potřeby.

Následující tabulka 3 ukazuje, ve kterých potravinách se vitamíny a důležité minerální látky ve větší míře vyskytují a které potraviny tedy můžeme použít pro analýzu, tak aby důkaz byl v rámci školního pokusu průkazný. Tabulku jsem sestavila na základě textu publikace Vitamíny a minerály pro zdravý život /Agerbo, Andersen 1997/, protože tabulka je pro rychlou orientaci přehlednější, než pročítání celé knížky.

Vitamíny,minerály	Potraviny, ve kterých je zvýšený obsah vitamínů,minerálů
vitamín A	Mléčné výrobky, vejce
beta-karoten	Karotka, brambory, chřest,kapusta, rajčata, špenát, pomeranče, brokolice, broskve, švestky, jablka, třešně, meruňky, fazole, petržel
B1-tiamin	Obilné výrobky – chléb, fazole, hrášek, libové vepřové
B2-biobflavin	Mléko, sýry, maso, brokolice, chřest, špenát
B3-niacin	Bílkoviny, které obsahují tryptofan (prakticky všechny kromě kukuřice, tam je B3 pevně vázán)
B6-pyridoxin	Červené maso, drůbež, ryby, celozrnné výrobky
biotin	Droby, vnitřnosti, vaječné žloutky, kvasnice
kys. pantotenová	Celozrnné výrobky, hrášek, fazole
B12-kobalamin	Pouze živočišný původ - maso, mléko sýr, škeble
kys.listová	Libové maso, zelenina, játra, vejce, celozrnné výrobky
vitamin C- kys. askorbová	Ovoce a zelenina - papriky, brokolice, špenát, pomeranče, brambory, jahody
vitamin D	Mléko, ryby, sýr, vejce,
vitamin E	Rostlinné oleje, ořechy, listová zelenina, celozrnné výrobky
vitamin K	Tmavě zelená zelenina – špenát, brokolice, mléčné výrobky, maso, ovoce,
vápník	Mléko i nízkotučné, sýry, kapusta, brokolice, fazole, ryby v oleji
hořčík	Celozrnné výrobky, luštěniny, ořechy, čerstvá zelenina, obilné výrobky, káva, mléko, sýry, zelenina, tvrdá voda
železo	Chléb, maso, masné výrobky, hnědé fazole, sušené ovoce
chrom	Ořechy, mušle
selen	Ryby, mušle, droby, maso, chleba, sýry, vejce
zinek	Maso, mléko, sýr, játra
jod	Mořské ryby, mléko, vejce
měď	Játra, vnitřnosti, ořechy, hrozinky
mangan	Celozrnné výrobky, ořechy, zelenina, ovoce, kořenová zelenina,
molybden	Mléko, obilné výrobky
kobalt	Vytvářen střevními bakteriemi

**Tabulka 3: Zdroje vitamínů a minerálů**

#### 4.5.7 Využití mikroskopu v analytické chemii

Žáci na gymnáziu běžně pracují při biologických praktikách s mikroskopem. Měli by být schopni sami zhotovit preparát, vložit jej na stolek mikroskopu pod objektiv příslušného zvětšení, prosvětlit zorné pole, zaostřit.

V chemické laboratoři se používá k některým stanovením tzv. mikrokrystaloskopie. Jedná se o použití optického mikroskopu při kvalitativních důkazech látek na základě jejich krystalické stavby /Janeczková, Fialová, Šima 2004/. Mikrokrystaloskopie byla rozpracovaná již v roce 1877 pro zkoumání tenkých výbrusů hornin, na které se působilo těkavými činidly /Simon, Doležal 1978/. Přesto, že tato metodika má nesporné didaktické přednosti, není běžně využívána. Jedním z důvodů mohou být drobné

technologické problémy při provádění jednotlivých pokusů. Ne každá chemická reakce se pro mikrokystaloskopii hodí. K důkazům se nehodí příliš nerozpustné sraženiny, protože vzniklé krystaly jsou velmi drobné a málo charakteristické. Výhodou je, že žáci mohou pozorovat, jak krystaly postupně narůstají. Vždy je nutno reakce nejprve vyzkoušet.

Biologické preparáty se běžně uzavírají mezi podložní a krycí sklíčko. Mikrokystaloskopické preparáty se však většinou nepřekrývají, aby bylo dosaženo analogie s průběhem chemické reakce v běžných chemických nádobách. Preparáty se připravují tak, že se na podložní sklíčko nanáší roztoky v požadovaném minimálním množství kapátkem a krystalky pevné látky kapilárkou. Abychom zamezili stékání roztoků ze sklíčka, použijeme podložní sklíčko s jamkou (běžně se používá v zoologii). Kapátka a kapilárky používáme jednorázově. Práce vyžaduje maximální pečlivost, aby nedošlo k poškození mikroskopu.

Tato metoda vhodně propojuje výuku biologie (mikroskopování), geologie (tvary krystalů) a chemie (produkty chemických reakcí). Krystalické látky mají charakteristický tvar krystalů – krystalují v příslušných krystalických mřížkách, o kterých se učí studenti v geologii. Někdy si však žáci ne zcela uvědomí, že minerály jsou chemické sloučeniny a tedy krystalizují v určité krystalické soustavě. A přitom jedna z možných určovacích metod v mineralogii a geologii je určování minerálů pod mikroskopem. Například sádrovec – dihydrát síranu vápenatého krystaluje v jednoklonné soustavě, skalice modrá – pentahydrát síranu měďnatého v soustavě trojklonné.

Pro jednu laboratorní práci jsem zvolila tři pokusy z anorganické a tři z organické chemie. Možností je pro laboratorní úlohy nepřeberné množství - např. všeobecně známý pokus narůstání krystalů sloučenin kovů ve vodním skle nebo sublimace kofeinu z čaje přímo na mikroskopické podložní sklíčko a následné pozorování pod mikroskopem.

Na některých školách je možné učitelský velký speciální mikroskop propojit přes kameru s televizí nebo počítačem a dataprojektorem, čímž dosáhneme mnohem většího efektu, ale hlavně je možno studentům názorněji tvar, barvu krystalů a průběh reakce vysvětlit. Na gymnáziu Písnická máme takové mikroskopy dva, jeden starší propojený s televizním okruhem a druhý připojitelný k počítači. Jejich využití při chemických pokusech je pro žáky velmi zajímavé a převratné. Foto 8 dokumentuje, jak reakce a narůstající krystaly například stříbra vypadají pod mikroskopem. Další fotografie jsou uvedeny u laboratorní úlohy 4.7.7 této práce.

Starší, ale dodnes používaná metoda je průběh chemických reakcí na Petriho misce a promítnutí celé reakce na zpětném projektoru.

Do protokolů studenti zapisují zvětšení, při kterém pozorovali a kreslí tužkou jednoduchými pevnými čarami tvar krystalů. Studenti kreslí pouze část preparátu – několik krystalů. Je důležité zachovávat poměrné velikosti struktur. Obrázky se kreslí dostatečně velké, většinou jeden až dva obrázky na plochu formátu A4. Další možností dokumentace je fotografie.



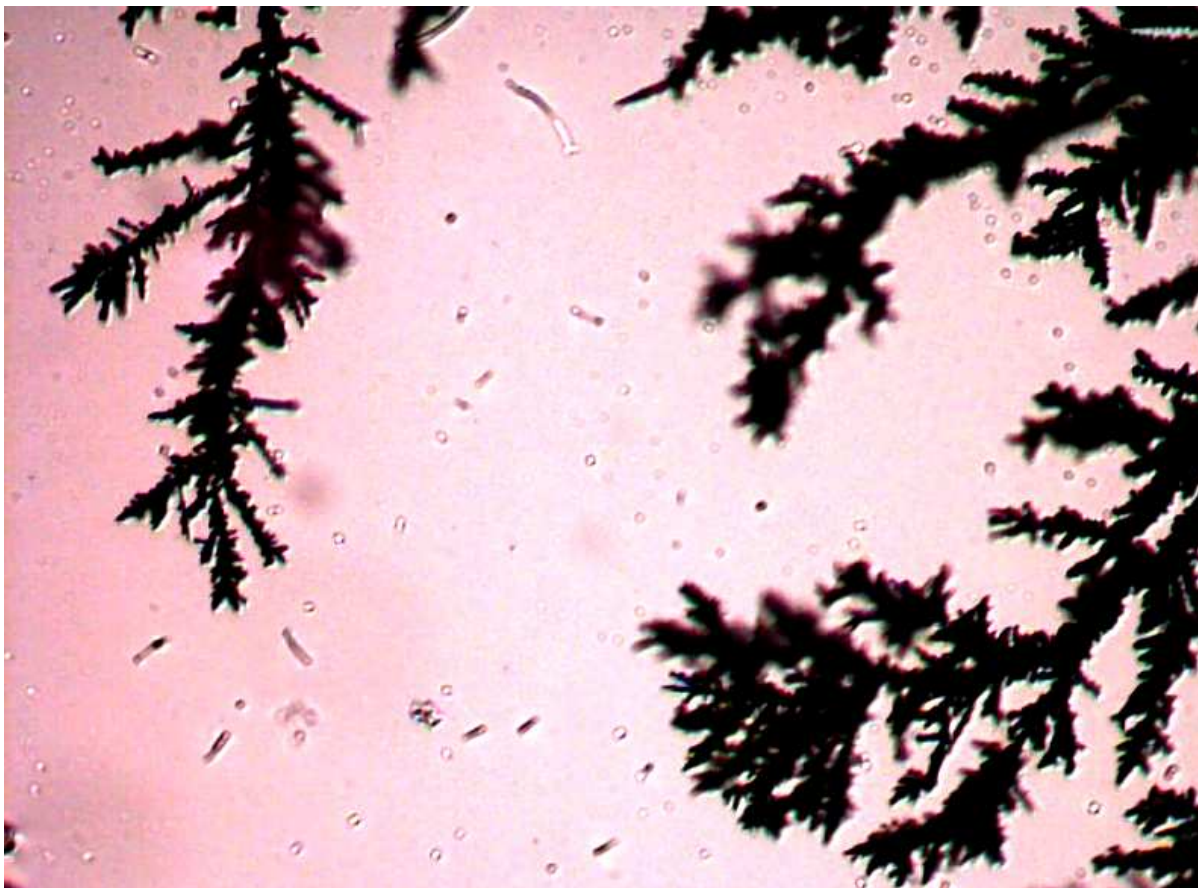


Foto 8: Reakce  $\text{AgNO}_3$  s mědí provedená pod mikroskopem, zvětšení 400x.

#### 4.5.8 Některé fyzikálně chemické metody v jednoduchém uspořádání

Při laboratorních cvičeních na gymnáziích se velmi málo uplatňují pokusy, které osvětlují principy moderních přístrojových metod, používaných zcela běžně v současné vědecké chemické práci. Drahé přístroje školy většinou nemají, ale základní principy mnohých přístrojových metod, používaných zejména v analytické chemii, lze osvětlit na velmi jednoduchých zařízeních a přístrojích, které mohou být sestaveny z dostupného materiálu.

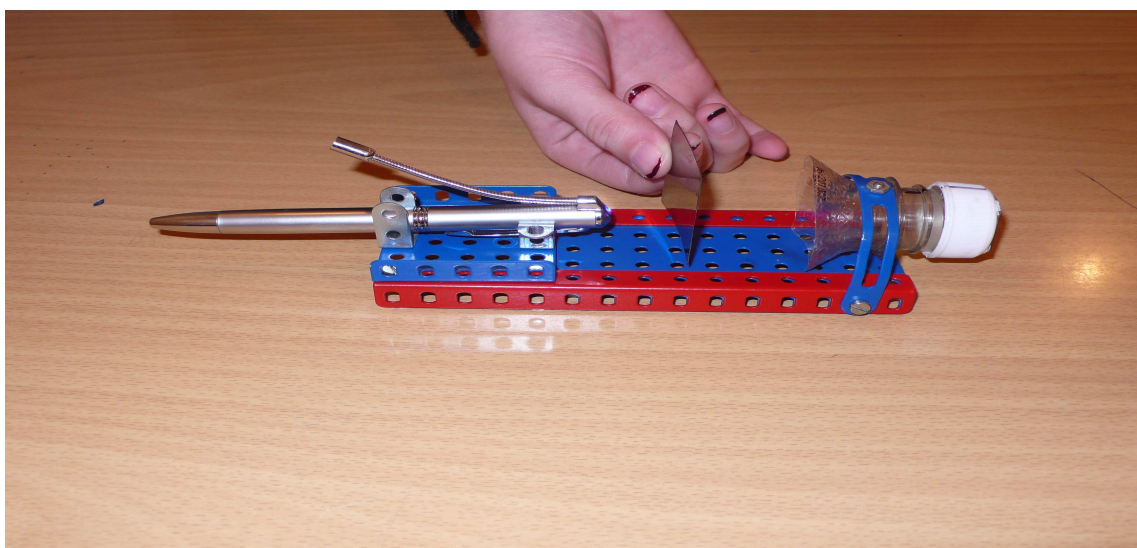
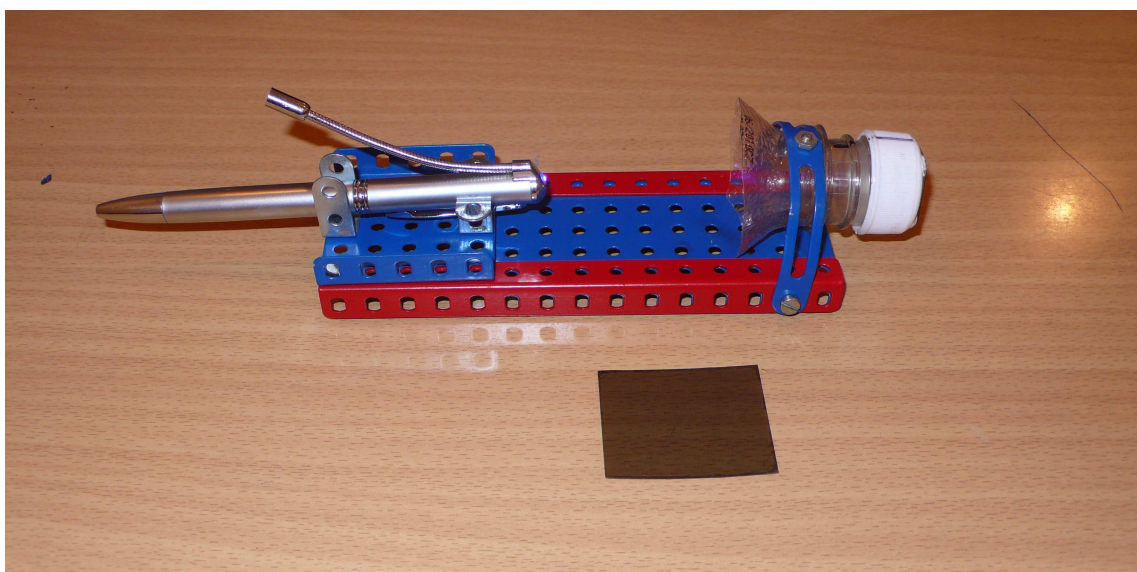
Připravila jsem soubor úloh a návodů k experimentům, které jsou založené převážně na tomto základě a dají se realizovat pomocí součástí optické lavice, kterou má snad každý kabinet fyziky na škole.

Je samozřejmé, že určitá zjednodušení a omezení přinášejí s sebou i nevýhody. Zvětšují se například chyby stanovení a sestavené modely přístrojů mohou být poruchové. Na druhé straně jsou tyto nedostatky vyváženy mnohými klady. Žáci si většinu přístrojů postaví sami, poznávají principy a základní schémata významných metod moderní chemie a v neposlední řadě získávají při práci značné množství experimentálních údajů, které lze kvantitativně zpracovat.

Doporučuji tyto úlohy z časových důvodů zařadit spíše do chemického semináře, kde si žáci mohou takový jednoduchý přístroj sestavit sami a pochopit princip. Takto připravený model přístroje je pak vhodné vzít do třídy a pokus provést jako

demonstrační. V tradičních laboratorních cvičeních nebývá tolik času, pokud chceme probrat základní postupy, separace a analytické metody. A to nepočítáme s tím, že se dnes dělené hodiny (laboratorní cvičení) na školách z finančních důvodů a odlišně zaměřeného ŠVP značně omezují.

Následující fotografie ukazují, jak student ze Semináře praktické chemie vymyslel jednoduchou sestavu pro demonstraci optické aktivity látek. Využil laserové světlo z ukazovátka, stavebnici Merkur, hrdlo pet-lahve s víčkem a stínítko ze staré kalkulačky. Po vložení vzorku např. roztoku sacharidu, lze víčkem od lahve otáčet a vůči kontrolní rysce nastavebné pro slepý pokus odečíst úhel stáčení roviny lineárně polarizovaného světla.



**Foto 9 a 10 : Jednoduchý model přístroje na demonstraci optické aktivity látek**

V práci uvádím deset pokusů viz kapitola 4.7.8, další možné varianty pokusů jsou v publikacích /Beneš a kol.1986/ a /Kolský 1970/. Spektroskopie je pro potřeby gymnázia stručně shrnuta též v článku /Holada 2000/. Úlohy jsou rozpracované podle

publikace /Beneš a kol.1986/, nákresy schémat zapojení jsou použity také z této publikace.

V rámci různých grantů a projektů vypisovaných Ministerstvem školství, životního prostředí nebo Magistrátem postupně některé školy mohou získat některý multifunkční přístroj vhodný zvláště pro výuku analytické chemie. Tyto tzv. dataloggery, což jsou elektronické sběrače dat, umožňují v reálném čase zaznamenávat průběh měření různých veličin. Využití dataloggerů umožňuje přiblížit se skutečným pracovním podmínkám současné laboratoře, zároveň zprostředkovat žákům pohled na některé přírodní jevy v jejich provázanosti a zpřístupnit žákům jednu z metod vědeckého badatelského výzkumu. Tyto multifunkční měřicí přístroje umožňují připojení různých čidel a mohou být využity ve všech přírodovědných předmětech, což přispívá i k většímu propojení a provázanosti předmětů viz foto 11.

Jako příklad uvádím jednu úlohu měření kyselosti a zásaditosti látek za použití dataloggeru Infraline Graphic viz kapitola 4.8.8. Více úloh obsahuje publikace /Stratilová, Šmejkal, Trejbalová 2008/.

Moderní analytické metody jsou popsány ve stejnojmenné publikaci /Klouda 2003/. Je to velmi přehledný, nepřiliš složitý text pro střední průmyslové školy. Pokud by bylo např. na chemickém semináři, více časového prostoru, byla by tato publikace vhodným doplňkem učiva analytické chemie též na gymnáziu. Publikace je však pouze teoretická, bez úloh.



**Foto 11: Využití dataloggeru Infraline Graphic v analytické chemii**

## 4.5.9 Analytická chemie kvalitativní

Kvalitativní anorganická analýza slouží k důkazu iontů pomocí srážecích, komplexotvorných a oxidačně-redukčních reakcí, méně acidobazických. Při reakci dokazovaného iontu s vhodným činidlem mohou vznikat barevné nebo bílé sraženiny, barevné komplexy a barevné produkty redoxních reakcí. Silné kyseliny a zásady mohou reagovat s dokazovanými ionty za vzniku plynů charakteristického zápachu.

První poznatky o vzorku získáme již na základě posouzení vzhledu látky (skupenství, zápach, zbarvení). Další poznatky o charakteru látky získáme některými fyzikálními metodami (zahřívání, barvení plamene). Nejdůležitější informace poskytují chemické reakce prováděné v roztocích. Dochází k výrazným změnám analytických vlastností (tvorba sraženiny, změna zbarvení, vývoj plynu). Tyto reakce jsou důkazem jednotlivých látek nebo složek látek a nazývají se analytické reakce.

Aby analytické reakce umožňovaly spolehlivý důkaz i malého množství dokazované látky ve vzorku, musí být dostatečně citlivé. Dalším požadavkem je vhodná míra selektivity. Podle ní rozlišujeme reakce:

- skupinové – dokazují přítomnost celých skupin iontů
- selektivní – slouží k důkazu omezeného, malého počtu iontů
- specifické - dokazují jednoznačně přítomnost jediného iontu.

### Provedení analytických reakcí

Podle způsobu provedení rozlišujeme analytické reakce kapkové nebo zkumavkové.

Kapkové reakce – provádí se **na kapkový destičce** s jamkami nebo na filtračním papíře. Výhodou je malá spotřeba vzorku i činidel. Do jamky destičky nanese se jednu kapku vzorku a jednu kapku činidla. Barevné roztoky a sraženiny pozorujeme proti bílému pozadí, světlé a bílé sraženiny a zákaly proti černému pozadí. Všimáme si i struktury sraženin (krystalická, amorfní) a jejich rozpustnosti v nadbytku činidla (obvykle ve třech kapkách).

Kapkové reakce můžeme provádět i **na filtračním papíře**, jehož výhodou je velká adsorpční schopnost. Velký reakční povrch při rozptýlení kapky zvýrazňuje průběh některých reakcí, usnadňuje působení par a plynů na vzorek a umožňuje rychlé odpaření rozpouštědel. Kapku vzorku nanášíme do středu filtračního papíru pipetou a činidlo nanášíme do středu skvrny teprve až kapka vzorku úplně vsákne a částečně se vysuší. Někdy je lepší impregnovat filtrační papír činidlem, vysušit a pak teprve přidávat vzorek. Oba postupy většinou nemůžeme zaměňovat.

Na **zkumavkové reakce** potřebujeme průměrně 1–5 cm<sup>3</sup> vzorku. Proto většinou reakce ve zkumavkách provádíme v případech, kdy je třeba vzorek s činidlem zahřívát nebo vařit, pokud oddělujeme součásti vzorku srážením nebo pokud reakce na destičce není dostatečně zřetelná. Zkumavku zahříváme buď na vodní lázni nebo v nesvítivé části plamene kahanu. Stálým protřepáváním bráníme utajenému varu, zkumavku držíme šikmo.

### Analytická činidla

Analytická činidla musí mít dostatečnou čistotu, aby nebyl výsledek zkreslen, a mnohdy ještě provádíme „slepý pokus“. Činidla musí mít určitou koncentraci (většinou udávaná pomocí hmotnostního zlomku nebo jako molární koncentrace). Některá činidla jsou nestálá a musíme je vždy čerstvě připravovat (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, sirovodíková voda).

Všechny nádoby s činidly musí být popsány. I roztoky činidel by měly být označeny bezpečnostními symboly a piktogramy v případě nebezpečných, jedovatých nebo karcinogenních látek.

### **Postup kvalitativní analýzy neznámého vzorku**

- Nejprve popíšeme vzorek - skupenství, barva, pH, homogenost.
- Provedeme předběžné zkoušky – chování za zvýšené teploty, za přítomnosti  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .  
Za zvýšené teploty látka buď hoří, nehoří, sublimuje, taje, barví plamen, prská a rozletuje se nebo se nemění. V kyselině sírové buď unikají plyny již za studena nebo po zahřátí.
- Vzorek převedeme do roztoku pokud možno co nejméně drastickým činidlem – studená, teplá voda.
- Provedeme analýzu kationů a aniontů.
- Maskovací látky se používají na snížení koncentrace rušících látek (které se např. dokazují stejným činidlem) převedením volných iontů na pevný komplex, který s činidlem nereaguje.

### **Analýza kationů**

Postup je založen na provedení skupinových a selektivních reakcí. Obvyklý postup je následný:

- Zjistíme pH roztoku univerzálním pH papírkem.
- Dokazujeme ionty  $\text{NH}_4^+$ .
- Skupinová reakce v kapce původního roztoku s  $\text{HCl}$ . Odfiltrujeme chloridy a s filtrátem postupujeme dále. Pokud nedošlo k vysrážení, postupujeme rovnou dále.
- Skupinová reakce s  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Odfiltrujeme sírany a s filtrátem postupujeme dále, pokud se sírany nevysrážely postupujeme rovnou.
- Skupinové reakce s dalšími činidly.
- Podle předchozích výsledků jsme odstranili z původního vzorku kationy těžkých kovů a ve filtrátu provedeme důkaz  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Li}^+$ .
- Selektivní důkazy kationů
- Ověření výsledků.

### **Analýza aniontů**

- Postup je také jako u kationů založen na provádění a hodnocení skupinových a selektivních reakcí. a podle jejich výsledků volíme selektivní reakce.
- Pokud již známe obsah kationů, můžeme vyloučit aniony, které přítomny být nemohou.

- Skupinové reakce srážecí jsou založeny na tvorbě stříbrných a barnatých solí, jejichž rozpustnost ve vodě a stálost sraženiny v prostředí o různém pH se liší a závisí na koncentraci vzorku a množství přidaného činidla.
- Skupinové reakce redoxní jsou založeny na odbarvování roztoku  $\text{KMnO}_4$  a  $\text{I}_2$  Aniony s redukčními vlastnostmi a na oxidaci roztoku KI na jód aniony s oxidačními vlastnostmi.

### **Kvalitativní organická analýza**

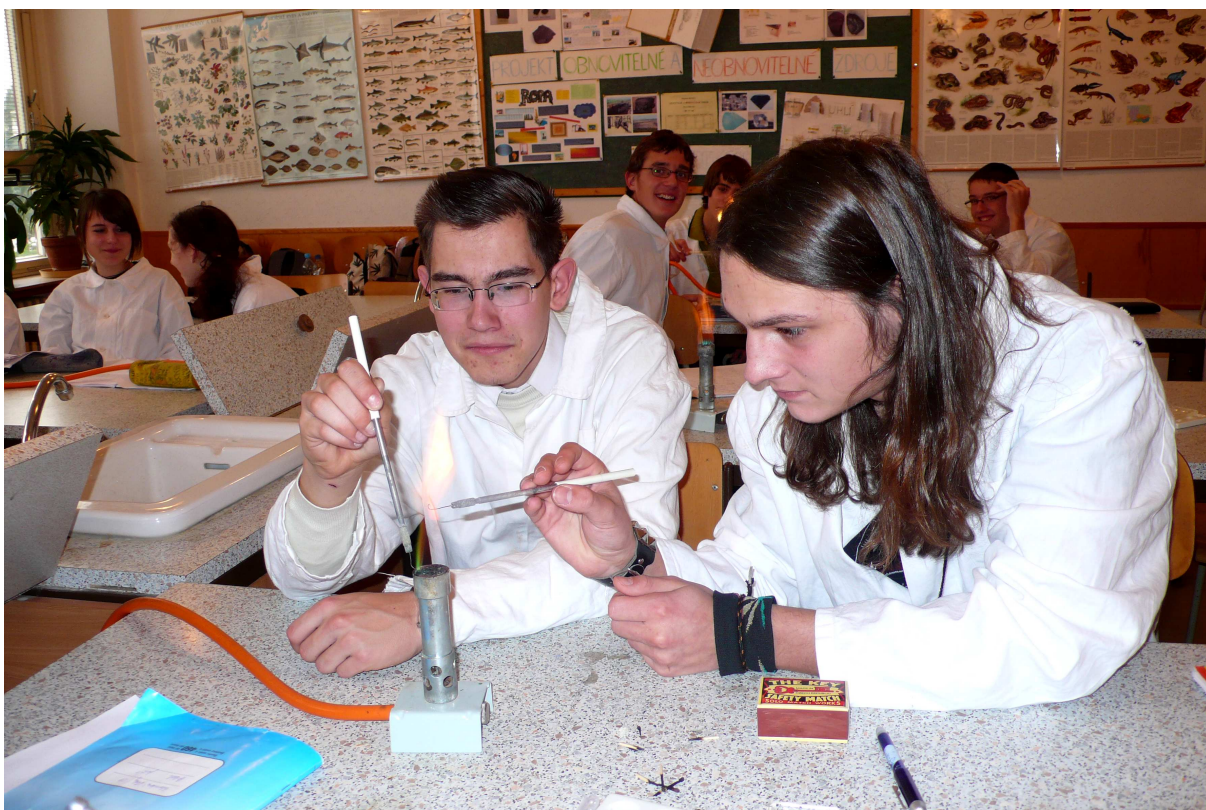
- Popis a vlastnosti vzorku - organické látky jsou většinou bezbarvé, zápach bývá problematické popsat.
- Chování vzorku za nepřístupu vzduchu a při zvýšené teplotě – v tzv. žíhačce pozorujeme rozklad vzorku.
- Elementární analýza – k důkazu prvků se používají metody založené na oxidační nebo redukční mineralizaci vzorku. Původně organicky vázané prvky se převedou na anorganické sloučeniny nebo ionty, které se dokazují reakcemi anorganické kvalitativní analýzy.
- Rozpustnost látek - rozpustnost látky v určitém rozpouštědle poskytne informaci o struktuře látky. Např. látky rozpustné ve vodě – organické soli, látky s dvěma hydrofilními funkčními skupinami. Nerozpustné ve vodě – uhlovodíky a jejich halogenderiváty, nepolární sloučeniny, látky s jednou hydrofilní skupinou. Nerozpustné v chloroformu – organické soli, silně polární látky (sulfonové kyseliny, látky dvěma a více hydrofilními skupinami).
- Acidobazické vlastnosti – informace o acidobazickém chování funkčních skupin v molekule. Ve vodných roztocích změříme pH. U látek ve vodě nerozpustných provedeme reakci s NaOH a HCl.
- Funkční reakce (např. uhlovodíky, alkoholy), skupinové reakce (např. nízkomolekulární a vysokomolekulární alkoholy), selektivní (rozlišení primárních, sekundárních a terciálních alkoholů) /Karlíček 2003/.

Je několik možností, jak pro žáky sestavit úlohy tak, aby identifikovali přítomnost látek v předloženém vzorku. Jedna možnost je porovnávání proběhlých reakcí s některými činidly s reakcemi a jejich produkty v literatuře nebo v probraném učivu minulých hodin. Jiná možnost, která je také založena na znalostech reakcí, ale navíc klade zvýšené nároky na logické uvažování, je metoda „každý s každým“. Studenti mají vzorky označené čísly a vědí pouze, které látky mají dokázat. Cílem úlohy je určit skutečné pořadí jednotlivých sloučenin pomocí vzájemných reakcí, bez použití dalších reagensů (s výjimkami uvedenými v zadání).

Fotografie 12 a 13 dokumentují práci žáků sexty gymnázia Písnická při kvalitativní analýze a plamenových zkouškách.



**Foto 12: Důkaz kationů, kvalitativní analýza**



**Foto 13: Plamenové zkoušky**

## 4.5.10 Analytická chemie kvantitativní – odměrná analýza

### Princip odměrné analýzy

Odměrná analýza je jednoduchá a rychlá, a proto je tato metoda často používaná ke stanovení obsahu látek nebo obsahu určité složky ve vzorku. Podstatou odměrného stanovení je chemická reakce mezi odměrným roztokem, který většinou přidáváme, a přesně daným objemem stanovované látky v titrační baňce. Je založena na měření objemu roztoku přesně známé koncentrace (odměrného roztoku), přidávaného nejprve ve větších, později v malých dávkách k roztoku odváženého množství vzorku. Odměrný roztok (titrační činidlo) přidáváme z byrety ke zkoumané látce až do  **bodu ekvivalence** (ekvivalenčního bodu). Je to teoretický (stechiometrický) konec titrace, kdy veškeré látkové množství stanovované složky reagovalo s odpovídajícím látkovým množstvím činidla obsaženého v odměrném roztoku, zreagovalo právě ekvimolární látkové množství. Ve většině případů je však okem nepostřehnutelný. Přesné určení bodu ekvivalence je základním předpokladem správnosti analytického výsledku. Proto se ke zjištění bodu ekvivalence používají vhodné indikační metody.

Indikační metody jsou dvojího druhu: I. subjektivní – sledování okem,

II. objektivní – sledování pomocí přístrojů.

#### I. Subjektivní indikační metody

Subjektivní metody spočívají v použití vhodného indikátoru. Nejčastěji to bývají barevné látky, které reagují s činidlem odměrného roztoku a vyvolávají v bodě ekvivalence nápadnou změnu zbarvení roztoku (vznik nebo zánik zbarvení, vznik sraženiny). Indikátory se přidávají k roztoku stanovované látky v co nejmenších množstvích, pouze několik kapek. Barevná změna indikátoru označuje konec titrace a z byrety se pak odečítá objem spotřebovaného odměrného činidla, ze kterého se vypočítává množství zkoumané látky.

#### II. Objektivní indikační metody

Objektivní indikační metody umožňují získat přesnější výsledky. Při nich se bod ekvivalence zjišťuje pomocí přístrojů, zachycujících např. změny rovnovážných potenciálů, elektrické vodivosti nebo intenzity zbarvení provázející chemickou reakci mezi stanovovanou látkou a činidlem.

### Rozdělení odměrných stanovení

Odměrná stanovení se dělí podle povahy chemického děje, který probíhá mezi činidlem odměrného roztoku a stanovovanou látkou na:

1. stanovení neutralizační (protometrické) – alkalimetrie, acidimetrie
2. stanovení podmíněná vznikem obtížně rozpustných sloučenin – metody srážecí – argentometrie
3. stanovení oxidačně redukční (redoxní) – oxidimetrie - manganometrie, jodometrie, bichromátometrie, bromátometrie - reduktometrie - titanometrie

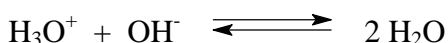


4. stanovení podmíněná vznikem málo disociovaných rozpustných sloučenin – metody komplexotvorné – chelatometrie a merkurimetrie
5. metody diazotační.

## 1. Neutralizační odměrná analýza

### Princip

Neutralizační odměrná analýza (titrace protometrické, neutralizační stanovení, acidobazická stanovení) je skupina stanovení, jejichž podstatou je reakce mezi oxoniovými kationy a hydroxidovými aniony za vzniku málo disociovaných molekul vody.

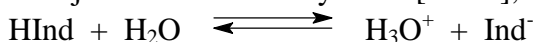


Slouží ke stanovení látek kyselé nebo zásadité povahy. Při neutralizační odměrné analýze sledujeme změny pH během reakce kyselin a zásad. Při neutralizaci kyselin a zásad rozlišujeme tyto čtyři případy reakcí :

- a) titrace silné kyseliny silnou zásadou,
- b) titrace slabé kyseliny silnou zásadou,
- c) titrace hydrolyzujících solí silnou kyselinou
- d) titrace hydrolyzujících solí silnou kyselinou nebo zásadou (tento způsob nemá v praxi uplatnění).

### Indikátory

Ke zjištění bodu ekvivalence se v neutralizační odměrné analýze používají vhodné neutralizační indikátory, které se při dosažení bodu ekvivalence nápadně barevně mění. Neutralizační indikátory jsou slabé organické kyseliny nebo slabé organické zásady. Jestliže je indikátor slabá kyselina [HInd.], ve vodných roztocích disociuje



Disociací indikátorů vzniká oxoniový kation a barevný anion [Ind<sup>-</sup>], který má jinou barvu, než nedisociovaný indikátor [HInd.]. Pozorované zbarvení roztoku závisí na poměru koncentrací disociovaného a nedisociovaného indikátoru. Tento poměr ovlivňuje pH prostředí. Oblast pH, ve které nastává pozorovatelná změna barvy indikátoru, se nazývá oblast barevného přechodu indikátoru. Některé běžné indikátory a změny zbarvení ukazuje tabulka 4.

Indikátor	Meze přechodu pH	Zabarvení kyselé	Zabarvení zásadité
Thymolová modř	1,2 – 2,8	Červené	Žluté
Dimethylová žluť	2,9 – 4,0	Červené	Žluté
Bromfenolová modř	3,0 – 4,6	Žluté	Modré
Methylová oranž	3,1 – 4,4	Červené	Žluté
Methylová červeně	4,2 – 6,3	Červené	Žluté
Bromthymolová modř	6,0 – 7,6	Žluté	Modré
Neutrální červeně	6,8 – 8,0	Červené	Žluté
Fenolftalein	8,3 – 10,0	bezbarvé	Červené

**Tabulka 4: Přehled a funkce některých indikátorů podle /Chovanová 1996/**

### Titrační křivky a volba indikátoru

Grafická závislost pH na objemu přidaného odměrného roztoku činidla se nazývá neutralizační titrační křivka. Z titrační křivky můžeme určit průběh neutralizační reakce. V průběhu titrace dochází k okamžiku ekvivalence, kdy spolu reagují reprezentativní rovnovážná množství kyseliny a zásady, takže v roztoku není volná kyselina ani zásada, ale pouze sůl vzniklá neutralizací. Při titraci můžeme použít jen takové indikátory, které mají barevnou změnu v rozmezí titračního skoku.

Neutralizační stanovení dělíme podle povahy činidla obsaženého v odměrném roztoku na alkalimetrii a acidimetrii.

#### Alkalimetrie

- Odměrný roztok obsahuje zásadu a stanovíme jím obsah kyselin. Stanovujeme silné kyseliny, slabé kyseliny, organické kyseliny.
- Stanovení silných kyselin
- Silné minerální kyseliny nelze titrovat přímo v koncentrovaném stavu. Titrovaný roztok musí mít přibližně molární koncentraci použitého odměrného roztoku
- Stanovení slabých kyselin
- Stanovení organických kyselin.

Příklad: **Stanovení koncentrace octa**

#### Acidimetrie

Během acidimetrie odměrný roztok obsahuje kyselinu a stanovíme jím obsah zásad. Stanovujeme silné zásady a slabé zásady.

- Stanovení silných zásad

Příklad: **Stanovení celkové alkality technického NaOH**

**Stanovení celkové alkality pitné vody.**

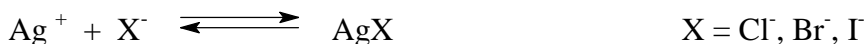
- Stanovení hydrolyzujících solí.

Příklad: **Stanovení uhličitanu vápenatého**

## 2. Srážecí odměrná analýza

### Princip

Základem srážecích titrací jsou reakce probíhající mezi ionty titrované látky a ionty odměrného činidla, při kterých vznikají málo rozpustné sloučeniny.



Průběh srážecích reakcí závisí na hodnotě součinu rozpustnosti. Titrace bude tím přesnější, čím menší bude součin rozpustnosti (u sloučenin podobného typu).

$$K_{s(\text{KA})} = [\text{K}^+] \cdot [\text{A}^-]$$

$K_{s(\text{KA})}$	...součin rozpustnosti KA
$[\text{K}^+]$	...molární koncentrace $\text{K}^+$
$[\text{A}^-]$	...molární koncentrace $\text{A}^-$

## Argentometrie

Argentometrie je srážecí metoda založená na tvorbě málo rozpustných stříbrných solí s ionty halogenidů, kyanidů a thiokyanatanů.

Podle druhu odměrného roztoku dělíme argentometrii na stanovení odměrným roztokem dusičnanu stříbrného, tím se stanovují chloridy, bromidy, jodidy, kyanidy, thiokyanatany a stanovení odměrným roztokem thiokyanatanu amonného, kterým se stanovují stříbrné ionty.

Thiokyanatan amonný se také používá k retitraci odměrného roztoku dusičnanu stříbrného.

## Titrační křivky

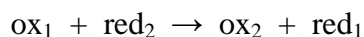
Na svislou osu je nanášena podobně jako při neutralizačních titracích  $pAg^+$  (záporný dekadický logaritmus  $[Ag^+]$ ).

Příklad: **Stanovení chloridů v minerální vodě argentometricky**

## 3. Oxidačně redukční odměrná analýza

### Princip

Do oxidačně redukční analýzy zařazujeme stanovení, jejichž podstatou je reakce mezi oxidační a redukční látkou podle schématu :



$ox_1$  ... reagující ox. látka

$red_2$  ... je reagující red. látka

$ox_2$  ... je vznikající ox. látka

$red_1$  ... je vznikající red. látka

Tyto reakce jsou charakterizovány přesunem elektronů mezi atomy reagujících látek a tím i změnou jejich oxidačních čísel. Odměrný roztok obsahuje oxidační (nebo redukční) činidlo a z jeho spotřeby při oxidaci (nebo redukci) zkoumané látky se vypočítá její obsah ve vzorku.

Oxidační a redukční reakce probíhají současně. Jestliže se jedna látka oxiduje, druhá se redukuje a naopak. Obě látky tvoří neoddělitelný celek. Látky, které snadno přibírají elektrony (působí tak ztrátou elektronů látky jiné – oxidaci) se označují jako činidla oxidační. Naopak látky, které ochotně ztrácejí elektrony (umožňují tak příjem elektronů jiné látky – redukci) se označují jako činidla redukční.

Oxidační nebo redukční schopnost jednotlivých látek se udává tzv. redukčními potenciály (redox potenciály). Hodnoty oxidačně redukčních potenciálů nemůžeme zjišťovat přímo, proto měříme jen jejich relativní hodnoty, které vyjadřuje rovnovážné napětí článku mezi standardní vodíkovou elektrodou a platinovou elektrodou ponořenou do měřeného oxidačně redukčního prostředí.

### Titrační křivky

Průběh reakcí je závislý na rozdílu hodnot redoxních potenciálů systémů  $ox_1 - red_1$  a  $ox_2 - red_2$ . Redoxní titrační křivky vyjadřují závislost potenciálu na objemu přilévajícího odměrného roztoku.

Vycházíme ze vztahu  $E = E^{\circ} + \frac{0,059}{n} \cdot \log \frac{[\text{ox}]}{[\text{red}]}$  při 25°C

Oxidačně redukční stanovení dělíme podle povahy odměrného roztoku na metody oxidimetrické a reduktometrické.

#### Oxidimetrické metody

Odměrný roztok obsahuje oxidační činidlo. Podle použitého oxidačního činidla je dělíme na manganometrii, jodometrii, bromatometrii, bromometrii, cerimetrii, bichromatometrii aj.

#### Reduktometrické metody

Odměrný roztok obsahuje redukční činidlo. Mezi reduktometrické titrace patří titanometrie, chromometrie aj.

### **Manganometrie**

Manganometrie je oxidimetrická titrační metoda, založená na silných oxidačních schopnostech manganistanu, který oxiduje rychle a kvantitativně četné anorganické a organické látky, zejména v kyselém prostředí.

Kvantitativní stanovení odměrným roztokem manganistanu draselného se provádí v kyselém, neutrálním i zásaditém prostředí.

Nejvíce (hlavně v lékařské praxi) se používá titrace manganistanem draselným v kyselém prostředí. Okyselení se provádí kyselinou sírovou. Za těchto podmínek se manganistan draselný redukuje na sůl manganatou. V neutrálním nebo slabě zásaditém prostředí se manganistan draselný redukuje na oxid manganičitý.

K indikaci ukončení reakce v manganometrii není nutné používat indikátory vzhledem k intenzivnímu zabarvení roztoku manganistanu. Během titrace v kyselém prostředí se odměrný roztok odbarvuje redukčním činidlem, které je v titrační baňce. Při titracích v alkalickém prostředí se titrovaný roztok kalí hnědou sraženinou vyloučeného oxidu manganičitého.

**Příklad: Stanovení kyseliny šťavelové v přírodním materiálu**

#### **Stanovení železa v zelené skalici**

### **Jodometrie**

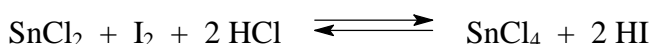
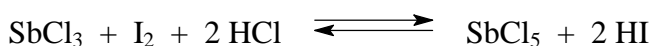
Do jodometrie patří velká skupina odměrných stanovení, která jsou založena na snadné redukci jodu na jodidový ion a naopak oxidovatelnosti jodidového iontu na jod.

Jodometrie zahrnuje odměrná stanovení látek redukujících a odměrná stanovení látek oxidujících.

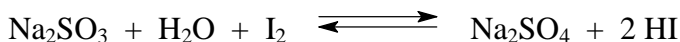
### Stanovení látek redukujících

K určení redukujících látek využíváme redukce elementárního jodu v jodid. Jako odměrný roztok používáme roztok jodu. Reakci můžeme provádět dvojím způsobem.

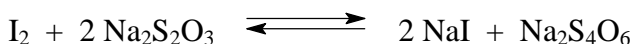
a) Přímo titrací roztoku redukujících látek odměrným roztokem jodu. Jako indikátor použijeme škrobový maz a roztok jodu přidáváme z byrety do vzniku modrého zbarvení. Reakci lze provádět v mírně alkalickém prostředí a podmínkou tohoto způsobu stanovení je rychlý průběh reakce. Tento způsob lze např. využít ke stanovení sloučenin arzenitých, antimonitých, cínatých aj.



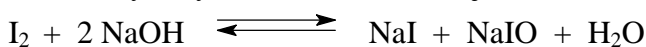
b) Nepřímo titrací roztoku tak, že k roztoku redukující látky přidáme přesně odměřený nadbytek roztoku jodu a necháme proběhnout reakci mezi jodem a stanovovanou látkou. Přitom se spotřebuje z celkového množství odměřeného roztoku jodu taková část, která je přesně ekvivalentní množství stanovované látky. Reakci nespotřebované nadbytečné množství jodu titrujeme odměrným roztokem thiosíranu sodného. Příkladem může být stanovení siřičitanů. Po přidání jodu proběhne reakce:



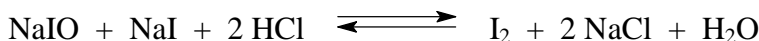
Nespotřebovaný jod se stanoví thiosíranem sodným.



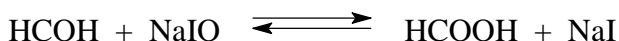
Kromě toho můžeme provádět oxidaci v alkalickém prostředí, ve kterém jod reaguje s alkalickým hydroxidem za vzniku jodnanu.



Opětným okyselením roztoku pak rozložíme směs jodidu a jodnanu na elementární jod ve stechiometrickém množství.



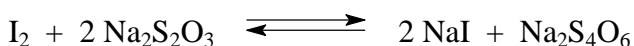
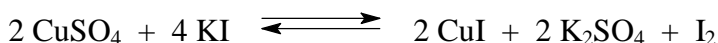
Vyloučený jod pak titrujeme thiosíranem sodným. Jako příklad tohoto způsobu jodometrické titrace může být stanovení formaldehydu, který se jodem oxiduje na kyselinu mravenčí.



### Stanovení látek oxidujících

V tomto případě přidáváme k analyzovanému roztoku nadbytek jodidu sodného nebo draselného buď v pevném stavu nebo v koncentrovaném roztoku. Po proběhnutí reakce (oxidace jodidu na jod), která se projeví vyloučením elementárního jodu (roztok zhnědne), titrujeme vyloučený jod thiosíranem sodným, který jej redukuje na jodid. Tato metoda, obvykle prováděná v kyselém prostředí, je vhodná pro stanovení chloru, bromu, peroxidu vodíku, chlornanů, sloučenin železitých, měďnatých aj.

Například při stanovení měďnaté soli probíhají reakce:



Příklad: **Stanovení aktivního chloru a chlorovému vápně** – rozpracováno dle /Dolejšová, Hejtmánková, Pivec 2004/ viz kapitola 4.7.6 úloha 7.

## 4. Komplexometrická odměrná analýza

### Princip

Tyto titrace jsou založené na vzniku komplexních nebo málo disociovaných sloučenin.

Rozdělení :

Chelatometrie – při které využíváme vznik komplexů kationtů s organickými ligandy tzv. chelatony (komplexony).

Merkurimetrie – je založena na tvorbě rozpustných, ale nedisociovaných sloučenin rtuťnatých.

### Chelatometrie

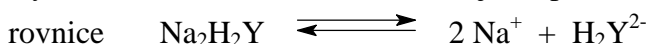
Chelatometrie je odvětví odměrné analýzy, ve kterém používáme odměrné roztoky chelatonů, jejichž reakcí s kationy kovů vznikají nedisociované komplexy, nazývané cheláty.

V praxi se uplatňují zejména tyto chelatony :

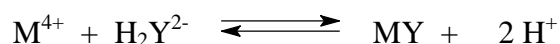
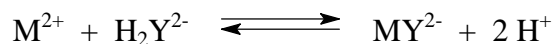
Chelaton I – kyselina nitriloctová (symbol  $H_3X$ )

Chelaton II – kyselina ethylendiamintetraoctová (symbol  $H_4Y$ )

Chelaton III – dihydrát disodné soli kyseliny ethylendiamintetraoctové (symbol  $Na_2H_2Y \cdot 2 H_2O$ ). Ten se nejvíce používá a ve vodě disociuje podle



Anion  $H_2Y^{2-}$  chelatonu III reaguje s kovovými kationy takto :



Kovy se v chelátech nedají obvyklými kvalitativními zkouškami dokázat, protože se váží s komplexony na komplexní aniony.

Cheláty dvojmocných kovů jsou velmi stálé v alkalickém nebo mírně kyselém prostředí.

Cheláty trojmocných kovů jsou stálé kyselých roztocích do pH 2.

Obecně je možno říci, že barevné kationy poskytují s chelatony barevné cheláty a bezbarvé kationy bezbarvé. Zbarvení chelátu závisí na barvě kationu.

### Indikátory

V chelatometrii používáme tzv. metalochromní indikátory. Jsou to organická barviva, která vytvářejí s kationy sledované látky nedisociované barevné komplexy, které mají jiné zbarvení než má indikátor při dané hodnotě pH. Komplex kovu s indikátorem má ale menší konstantu stability, než komplex kovu s činidlem odměrného roztoku. Při titraci tohoto barevného roztoku odměrným roztokem chelatonu reaguje chelaton nejdříve s volnými kovovými ionty v roztoku a později s kovovými ionty vázanými přechodně na chelatometrický indikátor. Vzniká pevná vazba chelátu. Když vymizí kationy kovu z roztoku, chelatometrický indikátor způsobí změnu zbarvení titrovaného roztoku.

Barevné změny chelatometrických indikátorů výrazně ovlivňuje pH titrační směsi. Indikátory se přidávají k titrační směsi v pevné formě, zpravidla tvořené 1 dílem indikátoru a 99 díly NaCl nebo KNO<sub>3</sub>. Jako příklad chelatometrických indikátorů lze uvést tyto látky: murexid, erichromová čerň T, fluorexon, methylthymolová modř, xylenolová oranž.

### **Pufry**

Při chelatometrických stanoveních se v průběhu reakce uvolňují vodíkové ionty, které snižují pH roztoku a ovlivňují nepříznivě stálost kovových komplexů. Proto se k titrovaným roztokům přidávají látky, které udržují pH ve vhodném rozmezí, tzv. tlumivé roztoky. Udržují pH i po zředění. Doporučuji více se na tuto tematiku zaměřit, protože z hlediska biologického se jedná o poměrně běžnou a důležitou záležitost, která umožňuje udržení homeostázy v organismech (např. zachování stálého pH v ústech po požití potravin). Alespoň v seminářích doporučuji vysvětlit postup při výpočtech, protože zvláště budoucí studenti zubařských a lékařských oborů se budou pufry zabývat poměrně obsáhle. Pufry výpočty, které se jich týkají jsou zmíněny v publikaci /Kosina, Šrámek 1996/.

Příklad: **Stanovení vápníku**

#### **Stanovení niklu**

Upraveno podle /Šrámek, Kosina 1996/, /Simon 1978/, /Opekar, Jelínek, Rychlovský, Plzák 2003/. Praktické úlohy upraveny podle /Berka, Felzl, Němec 1976/, /Karlíček a kol.2003/.

Přehledně a jednoduše jsou rozpracované úlohy kvantitativní analýzy v Návodech pro laboratorní cvičení z analytické chemie /Fogl a kol.1997/. Přesto, že se jedná o vysokoškolský text, většinu úloh lze použít i na gymnáziu.

## **4.5.11 Analytická chemie kvantitativní – gravimetrie**

Vázková (gravimetrická) stanovení spočívají v kvantitativním vysrážení látky obsažené ve vzorku a ve zvážení přesně definované sraženiny. Ze stechiometrického poměru hledané a vážené formy se vypočte obsah stanovované látky.

Základní operace ve vázkové analýze jsou: odebírání vzorku

vážení vzorku

rozpouštění vzorku

srážení

dekantace, filtrace, promývání

sušení, spalování filtru, žihání

vyhodnocení, výpočet výsledků

## **Odebírání a úprava vzorků**

Složení analyzovaného vzorku musí odpovídat reprezentativnímu složení zkoumané látky. Způsoby odběru vzorků a jejich úpravu určují státní normy. Ve školních laboratořích tyto operace zpravidla neprovádíme nebo analyzujeme vzorky, které požadavky těchto norem splňují.

## **Vážení vzorku**

Vážení je nejnáročnější gravimetrickou operací. K rychlému určení hmotnosti s přesností na 0,1 g se používají technické jednomiskové váhy – předvážky.

Analytické váhy váží s přesností 0,0001–0,00001 g. Je to velmi jemné a citlivé zařízení, které je nutno chránit proti otřesům, prachu, vlhkosti a chemikáliemi. V současné době se můžeme setkat s celou řadou typů analytických vah až po moderní elektronické.

## **Rozpouštění vzorku**

Pevné látky rozpouštíme nejčastěji v destilované vodě. Látky nerozpustné ve vodě (kovy a jejich slitiny, uhličitany, sulfidy, oxidy kovů apod.) rozpouštíme v kyselinách nebo v alkalických hydroxidech. V případě, že se látka v těchto činidlech nerozpouští, používáme tzv. tavení v porcelánovém kelímku s tavidlem, např. směsí sody a potaše. Po vychladnutí se tavenina vylouží do kádinky destilovanou vodou. Rostlinný materiál musíme napřed tzv. mineralizovat – vysušit a spálit. Dále pak pracujeme s popelem.

## **Srážení**

Základním požadavkem při vážkové analýze je, aby se stanovovaná složka při srážení vylučovala kvantitativně ve formě nerozpustné sraženiny. Srážení se provádí zpravidla za vyšší teploty, roztok srážedla přidáváme obvykle z pipety po kapkách za stálého míchání. O úplnosti srážení se přesvědčíme přidáním malého množství srážedla do čirého roztoku nad sraženinou, roztok se nesmí ani slabě zakalit (sraženina se nesmí rozpouštět v nadbytku srážecího činidla). Produkt vzniklý srážením může být podle své struktury koloidní, amorfni nebo krystalický.

## **Filtrace, dekantace, promývání**

Po vysrážení oddělujeme sraženinu od roztoku a podle druhu sraženiny provádíme filtraci papírovým filtrem, skleněným nebo porcelánovým kelímkem s fritou.

Kvantitativní filtrační papíry (bezpopelové) se používají, pokud sraženinu po spálení žháme v elektrické peci. Vyrábějí se v kruhovém tvaru různého průměru a různé velikosti pórů. Pro filtraci amorfniích sraženin se používají řídké filtry, označené černou páskou nebo červeným tiskem na krabičce. Středně husté filtry jsou ve žluté krabičce (bílá páska). Pro nejjemnější sraženiny ( $\text{BaSO}_4$ ) se používá hustý filtr označený modrou páskou v modré krabičce.

Skleněné nebo porcelánové filtrační kelímky mají pórovité dno různé hustoty. Filtrace kelímky se provádí za sníženého tlaku (odsávání), a proto je rychlejší než



filtrace papírovým filtrem. Skleněné kelímky se v elektrické peci pouze suší, porcelánové se dají v elektrické peci žíhat.

Před filtrací sraženinu v kádince dekatujeme. Do kádinky se sraženinou nalijeme určité množství promývacího roztoku, sraženinu v něm promícháme a po usazení čirý roztok opatrně odlijeme přes filtr. Dekantaci většinou třikrát opakujeme.

Promývání na filtru provádíme, abychom odstranili ionty, které by ovlivňovaly hmotnost vážené sraženiny. Například při stanovení síranů promýváme sraženinu destilovanou vodou, abychom odstranili chloridy do negativní reakce s  $\text{AgNO}_3$ .

### Sušení, spalování, žhání

Promyté, vlhké sraženiny je třeba převést na látky o konstantním složení, na vážitelnou formu. Toto docílíme sušením nebo žháním sraženin.

Sraženiny se suší v sušárnách při teplotě  $105\text{--}150^\circ\text{C}$  do konstantní hmotnosti. Většinou ale sraženiny získané filtrací papírovým filtrem žháme v porcelánových kelímcích do konstantní hmotnosti při teplotě  $500\text{--}1000^\circ\text{C}$  po předchozím vysušení a spálení filtru na trianglu plynovým kahanem. Aby při chladnutí látky nepřijímaly vzdušnou vlhkost, používáme exsikátory se sušící látkou.

### Vyhodnocení, výpočet výsledků

Výsledky rozboru ve vážkové analýze se vyjadřují různým způsobem:

- v jednotkách hmotnosti, které udávají obsah hledané látky v určitém množství analyzovaného materiálu,
- v % z celkového množství stanovované složky,
- v miligramech stanovované látky nebo v jednotkách hmotnosti na  $1\text{ dm}^3$  kapalného vzorku.

Nejčastěji se výsledek rozboru uvádí v procentech. Kvantitativní vyjádření obsahu složky ve vzorku je ve vážkové analýze založeno na experimentálním zjištění dvou hodnot: navážky ( $m_n$ ) tj hmotnosti vzorku braného k analýze a hmotnosti složky vyloučené ve formě málo rozpustné sloučeniny známého složení, tj. vyvážky ( $m_v$ ). Procentuální obsah složky (pA) se vypočítá podle vztahu :

$$\text{pA} = \frac{m_v}{m_n} \cdot f \cdot 100$$

kde f je přepočítávací gravimetrický faktor

$$f = \frac{M_r(\text{A})}{M_r(\text{B})}$$

$M_r(\text{A})$  je relativní molekulová (resp. atomová) hmotnost hledané složky A v izolované sloučenině a  $M_r(\text{B})$  je relativní molekulová hmotnost sloučeniny, která se váží. Hodnoty přepočítávacích gravimetrických faktorů lze najít v chemických tabulkách.

Podrobnější, ale schůdný výklad gravimetrie pro gymnázia je v publikaci /Moravcová 1999/, což je publikace pro střední průmyslové školy. Vhodné gravimetrické úlohy lze také použít z publikace /Chovanová 1996/ pro střední zdravotnické školy nebo /Holada 1970/.

#### **4.6 Model pro výběr úloh pro celoroční plán laboratorních prací**

V dalším textu je rozpracováno přes sto úloh, vhodných pro dvouhodinová laboratorní cvičení. Doporučuji zařazovat jednotlivé úlohy s ohledem na možnosti materiální, na vybavení chemické laboratoře, úroveň vědomostí žáků, typ učitele (chemik-biolog, chemik-fyzik). Pokud si učitel stanoví jako cíl, že žáci budou mít na konci celoročních praktik ucelenou představu o analytické chemii, je důležité rozmyslet plán celého roku tak, aby byly zařazeny co nejrozmanitější úlohy, z jednotlivých oblastí, tak aby zahrnovaly anorganickou i organickou chemii a analýzu kvalitativní i kvantitativní.

Vybrané úlohy je možné zařazovat jednotlivě ilustračně, obtížnější do chemických seminářů a některé úlohy často zařazují i učitelé biologie do cvičení z botaniky (např. Důkaz redukujících sacharidů, Chromatografické dělení rostlinných barviv, Důkaz prvků v popelu rostlin, Důkaz prvků v půdě).

Laboratorní práce jsou na školách organizovány různým způsobem:

**Model číslo 1:** Jednou možností je, že žáci mají dvouletá praktická cvičení z chemie (třída je dělena na dvě poloviny a ty se po týdnu střídají na dvouhodinových laboratorních cvičeních). Toto většinou nastává v prvním a druhém ročníku čtyřletého gymnázia (kvintě a sextě víceletého gymnázia). V takovém případě navrhuji v prvním ročníku sestavit plán z úloh, které mají vztah k právě probírané látce v těchto ročnících, např. Rychlost chemické reakce, Oddělování složek směsí, Příprava plynů, Redoxní reakce, Kyselost a zásaditost látek, Elektrochemie. Takto se žáci naučí základní chemické postupy jako je vážení, práce s kahanem, filtrace, promývání, aj.

V druhém roce navrhuji zařadit pro celý školní rok analytickou chemii. V tomto ročníku žáci již znají nebo právě probírají přechodné prvky, komplexní sloučeniny a v rámci výchovy ke zdraví a mezipředmětových vztahů (např. s biologií) a zařazování průřezových témat do výuky jako je EVVO je třeba, aby se žáci naučili dokazovat některé látky, které považujeme za škodlivé nebo naopak za důležité pro člověka a životní prostředí.

Během školního roku lze z časových důvodů uskutečnit přibližně patnáct až šestnáct laboratorních cvičení, proto následující tabulka obsahuje model šestnácti úloh z analytické chemie pro druhý ročník gymnázia. Všechny úlohy jsou jednoduché, časově zvládnutelné během dvouhodinového praktika, učitel stačí na začátku podat i krátký výklad. V každém případě těmto úlohám musí předcházet na začátku školního roku jedna hodina zahajovací, kde bude probrána bezpečnost práce v laboratoři a krátké seznámení s náplní laboratorních cvičení z analytické chemie.

Číslo pořadové	Název úlohy	Číslo kapitoly a lab.úlohy v práci
1	Důkaz kationtů I. a II. třídy	4.7.9 úloha 1 a 2
2	Důkaz kationtů III. a IV. třídy	4.7.9 úloha 3 a 4
3	Důkaz některých kationtů suchou cestou	4.7.9 úloha 5
4	Důkaz aniontů, Rozbor minerální vody	4.7.9 úloha 9 4.7.1 úloha 4
5	Analýza rostlinného popela	4.7.3 úloha 1
6	Kvalitativní analýza jednoduchá – klasifikační	4.7.9. úloha 12
7	Důkaz redukujících sacharidů	4.7.3 úloha 26
8	Alkalita pitné vody – acidimetrie	4.7.1 úloha 1
9	Stanovení hmotnostního zlomku kys. octové v octě – alkalimetrie	4.7.2 úloha 7
10	Standardizace odměrného roztoku manganistanu draselného	4.7.10 úloha 5
11	Stanovení kys. šťavelové v přírodním materiálu - manganometrie	4.7.2 úloha 5
12	Chelatometrické stanovení $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ a celková tvrdost vody	4.7.1 úloha 9
13	Jodometrické stanovení kys. askorbové	4.7.6 úloha 5
14	Stanovení $\text{CaCO}_3$ zpětnou titrací	4.7.10 úloha 13
15	Gravimetrické stanovení chloridů jako $\text{AgCl}$	4.7.11 úloha 1
16	Chromatografický rozklad chlorofylu	4.7.3 úloha 24

**Tabulka 5: Model číslo 1 pro výuku analytické chemie na gymnáziu**

**Model číslo 2:** Jiná situace nastává, pokud mají žáci podle ŠVP pouze jeden rok praktických cvičení. V tomto případě doporučuji počet všech předchozích laboratorních úloh úměrně zkrátit, ale analytickou chemii nevynechávat a věnovat jí celé druhé pololetí ve školním roce. Domnívám se, že nezáleží příliš na tom, zda žáci jsou v prvním nebo druhém ročníku, protože pokud s prací v laboratoři nemají velké zkušenosti, je pro ně tato činnost nová v kterémkoliv ročníku. Je výhodnější, pokud žáci mají pro laboratorní úlohu alespoň základní znalosti a vědomosti z výkladové hodiny, ale opačný postup, kdy žák při výkladu využije svých praktických zkušeností je také možný. Během praktických cvičení jde hlavně o rozvíjení dalších kompetencí, nejenom k učení, ale např. k práci, k řešení problémů.

Doporučuji vynechat úlohy Důkaz redukujících sacharidů a Chromatografický rozklad chlorofylu a domluvit se s učitelem biologie, aby tyto úlohy zařadil do náplně praktických cvičení z biologie. Doporučuji vynechat i klasifikační laboratorní úlohy, protože na nácvik postupů a získání potřebné zručnosti mají žáci příliš málo času, je lepší věnovat všechnen čas společné práci na jednotlivých typech úloh. Zároveň doporučuji z časových důvodů neprovádět standardizaci roztoku manganistanu draselného (žáci dostanou již připravený), pouze vysvětlit důvod standardizace odměrných roztoků. Je také možné připravit žákům méně vzorků v rámci úloh Důkaz kationtů I. až IV. třídy a přiřadit k nim i V.

Je samozřejmě také možné v rámci celého pololetí, aby žáci zpracovali nějaký projekt, např. Voda, Půdy, Zdravý životní styl, Analýza rostlin a učitel může vybrat prakticky jakékoliv jednoduché úlohy z následující kapitoly 4.8 a na nich vysvětlit význam analytické chemie.

Číslo pořadové	Název úlohy	Číslo kapitoly a lab.úlohy v práci
1	Důkaz kationtů I. a II. třídy	4.7.9 úloha 1 a 2
2	Důkaz kationtů III., IV. a V. třídy	4.7.9 úloha 3 - 5
3	Důkaz aniontů a Rozbor minerální vody	4.7.9 úloha 9 4.7.1 úloha 4
4	Analýza rostlinného popela	4.7.3 úloha 1
5	Alkalita pitné vody – acidimetrie	4.7.1 úloha 1
6	Stanovení hmotnostního zlomku kys. octové v octě – alkalimetrie	4.7.2 úloha 7
7	Stanovení kys. šřavelové v přírodním materiálu - manganometrie	4.7.2 úloha 5
8	Chelatometrické stanovení $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ a celková tvrdost vody	4.7.1. úloha 9

**Tabulka 6: Model číslo 2 pro výuku analytické chemie na gymnáziu**

**Model číslo 3:** je určen pro chemické semináře. Semináře většinou navštěvují žáci, kteří již prošli základy laboratorní práce v předchozích ročnících a projevují silnější zájem o chemii. Tito žáci jsou během laboratorních cvičení zkušenější, pečlivější a schopni složitější práce. Proto doporučuji vybrat úlohy sice navazující na předchozí učivo, ale složitější, časově náročnější, vyžadující větší pozornost při změně barvy indikátoru v bodě ekvivalence. Je možné volit i takovou možnost, kdy úlohy jsou součástí zvoleného celku nebo projektu, jednotlivci nebo dvojice pracují na jedné úloze a na závěr porovnávají a diskutují dílčí výsledky (Analýza rostlin, Vitamíny). Také mohou porovnávat různé metody stanovení jedné látky (Stanovení vápníku chelatometricky – úloha 10 v kapitole 4.7.1 a manganometricky – úloha 9 v kapitole 4.7.10).

Vzhledem k tomu, že semináře většinou probíhají každý týden po dvou hodinách, je možné kombinovat hodiny, jejichž náplň je verbálního charakteru s navazující praktickou činností. V následujícím přehledu jsem navrhla 8 typů úloh poněkud složitějšího nebo rozsáhlejšího charakteru, na kterých mohou žáci pracovat i delší dobu a doplnit tuto praktickou část referáty a prezentacemi na daná témata.

Číslo pořadové	Název úlohy	Číslo kapitoly a lab. úlohy v práci
1	Důkaz látek v mléce Stanovení kyselosti mléka	4.7.2 úloha 1 a 2
2	Analýza rostlin	4.7.3 úloha 2 - 18
3	Důkaz a stanovení vitamínů	4.7.3 úloha 20 – 23 4.7.6 úloha 2 - 5
4	Rozbor půd	4.7.4 úloha 1 a 2
5	Analýza polymerů	4.7.5 úloha 1 a 2
6	Analýza léků	4.7.6 úloha 11 - 15
7	Manganometrické stanovení vápníku Stanovení uhličitanu vápenatého zpětnou titrací Chelatometrické stanovení vápníku ve vodě	4.7.10 úloha 9 4.7.10 úloha 13 4.7.1 úloha 10
8	Stanovení obsahu formaldehydu	4.7.10 úloha 10

**Tabulka 7: Model číslo 3 pro výuku analytické chemie na gymnáziu**

**Model číslo 4:** Několik úloh, které se týkají rozboru vody a její kvality je poněkud dlouhodobých. Jsou to stanovení znečištění vody organickými látkami, např. Stanovení chemické spotřeby kyslíku (trvá 4 hodiny), Stanovení biochemické spotřeby kyslíku, Stanovení rozpuštěného kyslíku podle Winklera a Stanovení chemické spotřeby kyslíku podle Kubela. Nejenže práce na těchto úlohách je delší, ale je třeba okamžitě se vzorkem pracovat, aby nedocházelo ke zkreslení výsledků. Proto doporučuji tyto úlohy provádět například na Přírodovědných kurzech, které školy také někdy pořádají, tedy přímo v terénu (vždy se najde nějaké místo v objektu, kde lze laboratorní úlohy improvizovaně provádět). Týká se úloh 4.7.1 č. 5–8.

**Model číslo 5:** V kapitole 4.2 jsem zmiňuji speciální semináře, které si žáci vybírají – Seminář praktické chemie a Seminář chemicko-fyzikální, kam je možné zařadit několik praktických úloh na pomezí chemie a fyziky ze souboru 4.7.8 Některé fyzikálně chemické metody v jednoduchém uspořádání. Kteroukoliv z rozpracovaných úloh jsou tito studenti s pomocí učitele připravit a realizovat pro ostatní spolužáky a doplnit i fyzikální podstatou úlohy.

V každém případě, ať je zvolen kterýkoliv model, je třeba, kromě bezpečnosti při práci, dbát na správnost provedení laboratorních úloh a na jejich správném zhodnocení a formulaci závěrů. Výsledky jednotlivých skupin je vhodné přehledně zapsat na tabuli, porovnat je, komentovat úspěšnost řešení a vyvodit správně závěry. Zároveň je důležité stanovit podmínky, za kterých pokus probíhal nebo neprobíhal, čím byl ovlivněn a jak je možné ho využít v praxi.

## **4.7 Rozpracované úlohy pro laboratorní práce z analytické chemie a metodická doporučení pro učitele**

### **4.7.1 Analýza vody**

- 1 Alkalita pitné vody**
- 2 Důkaz železitých iontů ve vodě**
- 3 Chelatometrické stanovení vápníku, hořčíku a celkové tvrdosti vody**
- 4 Rozbor minerální vody**
- 5 Stanovení rozpuštěného kyslíku podle Winklera**
- 6 Stanovení biochemické spotřeby kyslíku ( BSK)**
- 7 Stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK) podle Kubela**
- 8 Stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK) čtyřhodinovou zkouškou**
- 9 Chelatometrické stanovení vápníku, hořčíku a celkové tvrdosti vody – jednodušší postup**
- 10 Chelatometrické stanovení vápníku ve vodě**
- 11 Stanovení volné kyseliny uhličité ve vodě**
- 12 Vlastnosti vody destilované, pitné a minerální**

# 1 Alkalita pitné vody

**Úkol :** Stanovte alkalitu pitné vody.

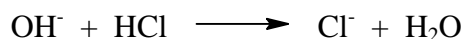
**Pomůcky :** titrační aparatura, odměrná baňka 100 cm<sup>3</sup>, pipeta

**Chemikálie :** roztok HCl (c=0,01 mol.dm<sup>-3</sup>), methylovanž, vzorek vodovodní vody

**Postup :**

1. Vypočítejte objem roztoku HCl (w=0,36) na přípravu 1000 cm<sup>3</sup> roztoku HCl (c= 0,01 mol.dm<sup>-3</sup>).
2. Sestavte titrační aparaturu , byretu naplňte odměrným roztokem HCl.
3. Do titrační baňky odpipetujte 100 cm<sup>3</sup> vodovodní vody, přidejte 3 kapky methylovanže.
4. Vzorek titrujte proti bílému pozadí do cibulového zbarvení. Titraci opakujte třikrát.
5. Z průměrné spotřeby odměrného roztoku HCl vypočtete molární koncentraci OH<sup>-</sup> iontů ve vodovodní vodě.

**Reakce:**



**Řešení**

Výpočet objemu HCl (w=0,36) na přípravu 1000 cm<sup>3</sup> zásobního roztoku (c=0,01 mol.dm<sup>-3</sup>)

Na titraci 100 cm<sup>3</sup> vodovodní vody bylo spotřebováno : 1.  
2.  
3.

Výpočet molární koncentrace

**Závěr :** Alkalitu pitné vody počítáme jako koncentraci hydroxidových iontů ve zkoumané pitné vodě.

**Poznámky pro učitele:** Jedna z nejjednodušších titračních úloh s dobře viditelnou barevnou změnou indikátoru. Žákům připomenout, jak se ve vodárně upravuje pitná voda (důležitost určité teploty a alkality).

## 2 Důkaz železitých iontů ve vodě

**Úkol :** V předložených vzorcích vody dokažte železité ionty a podle intenzity zbarvení určete, která voda je nejvíce a nejméně železitá.

**Pomůcky :** odměrné válce, pipety

**Chemikálie :** destilovaná voda, dešťová voda, minerální voda, pitná vodovodní voda, říční nebo rybníční voda, studniční voda, zřed. HCl, KMnO<sub>4</sub>, KSCN

**Postup :**

1. Do válců nalijte si 20 cm<sup>3</sup> jednotlivých druhů vod. Ke každému vzorku přidejte 2,5 cm<sup>3</sup> zředěné HCl a 3 kapky roztoku KMnO<sub>4</sub>.
2. Po 10 minutách přidejte do každého válce 2,5 cm<sup>3</sup> roztoku KSCN (w=0,15).
3. Po dalších 10 minutách pozorujte, zda v některém roztoku došlo ke změně zbarvení.
4. Byla-li reakce pozitivní, vysvětlete proč a запиšte reakci chemickou rovnicí.

**Reakce :** 
$$\text{Fe}^{3+} + 3 \text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$$

**Řešení :** Intenzivně červené zbarvení thiokyanatanu železitého je důkazem přítomnosti železitých iontů.

**Závěr :** Destilovaná voda by neměla obsahovat žádné, ani železité ionty. Nejméně železitých iontů obsahuje dešťová voda. U vodovodní vody, obsah železitých iontů závisí na stáří vodovodních trubek, tedy na místním znečištění. Některé minerální vody jsou hodně železité, záleží na tom, jakou vodu použijeme - výsledek můžeme porovnat s etiketou na lahvi. Studniční voda je co do obsahu minerálních látek podobná vodám minerálním – např. na Kokořínsku je voda s vysokým obsahem železitých iontů. Nejvíce železitých iontů má říční a rybníční voda – následkem rozkladu živých organismů.

**Poznámky pro učitele:** Přítomnost iontů železa v povrchových vodách jsou původu biologického – z rozložených rostlin a živočichů (hemoglobin).

Zdůraznit mezipředmětové vztahy chemie – biologie.

Problematika železitých vod nespočívá v jejich závadnosti, ale v znečištění nádobí a zanesení vodovodních trubek.



### 3 Chelatometrické stanovení vápníku, hořčíku a celkové tvrdosti vody

**Úkol :** Stanovte ionty  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  v minerální nebo studniční vodě titrací odměrným roztokem Chelatonu 3.

**Pomůcky :** byreta a souprava na titraci, nálevka, skleněná tyčinka

**Chemikálie :** odměrný roztok Chelatonu 3 ( $c=0,02 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), roztok NaOH ( $c=1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), amoniakální pufr ( $\text{pH} = 10$ ), indikátory murexid a erichromová čerň T ve směsi s NaCl (1 : 100)

**Postup :**

1. Stanovení celkového obsahu vápníku a hořčíku:  
Do titrační baňky odměřte  $100 \text{ cm}^3$  roztoku vzorku, přidejte  $5 \text{ cm}^3$  tlumivého roztoku o  $\text{pH} = 10$  a na špičku nože indikátoru erichromčern T.  
Titrujte vínově zbarvený roztok do čistě modrého zbarvení. Spotřeba odměrného roztoku Chelatonu 3 odpovídá celkovému obsahu vápníku a hořčíku ve vzorku. Titraci opakujte ještě jednou s novým podílem vzorku.  
Z obou hodnot spotřeby spočítejte průměrnou spotřebu  $V_1$  a z ní celkovou tvrdost vody.
2. Stanovení vápníku:  
Do titrační baňky odměřte  $100 \text{ cm}^3$  vzorku, přidejte  $5 \text{ cm}^3$  roztoku NaOH ( $c=1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) a na špičku nože indikátoru murexidu. Titrujte odměrným roztokem Chelatonu 3 z červenofialového do modrofialového zbarvení. Spotřeba odměrného roztoku Chelatonu 3 odpovídá celkovému obsahu vápníku ve vzorku. Titraci opakujte ještě jednou s novým podílem vzorku. Z obou získaných hodnot spočítejte průměrnou spotřebu  $V_2$ , z které určíte obsah vápníku v  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ .
3. Stanovení hořčíku:  
Obsahu hořčíku v analyzovaném vzorku odpovídá rozdíl průměrných spotřeb odměrného roztoku Chelatonu 3 v prvním a druhém stanovení. Obsah určíte jednoduchým výpočtem a vyjádříte v  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

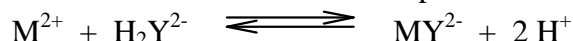
**Řešení :** Chelaton 3 je obchodní název disodné soli kyseliny ethylendiamintetraoctové, která se označuje zkratkou EDTA nebo zkráceným vzorcem  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ .  
Je jedním z řady činidel, které reagují s kovovými ionty ( $\text{M}^{2+}$ ,  $\text{M}^{3+}$  a  $\text{M}^{4+}$ ) za vzniku pevných komplexů. Výhodou těchto činidel je, že reagují se všemi uvedenými kovovými ionty v poměru 1 mol kovu : 1 molu  $\text{H}_2\text{Y}^{2-}$ . Kovové ionty s oxidačním číslem  $\text{M}^{2+}$  se titrují v alkalickém, popř. slabě kyselém prostředí, kdežto kovové ionty s oxidačním číslem  $\text{M}^{3+}$  a  $\text{M}^{4+}$  v prostředí kyselém. Konec titrace se určuje tzv. melatochromními indikátory. Ty dávají s kovovými ionty při daném pH roztoku rovněž výrazně barevné komplexy  $\text{MInd}^-$ , které jsou však méně stabilní než příslušné komplexy s Chelatonem 3.  
Po dotitrování kovových iontů vytěsňuje Chelaton 3 volný indikátor

z komplexu  $MInd^-$ , a tím se změní zbarvení roztoku (komplex  $MInd^-$  je jinak zbarvený než ionty samotného indikátoru).

Celková tvrdost vody je měřítkem koncentrace kationů dvojmocných kovů alkalických zemin, zejména vápníku a hořčíku ve vodě. Udává se jako součet látkového množství vápníku a hořčíku v milimolech na jeden litr vody.

V alkalickém prostředí tvoří s Chelatonem 3 nedisociované komplexy vápník i hořčík. Při chelatometrickém stanovení vápníku a hořčíku vedle sebe se nejprve stanoví obsah obou kovů titrací na indikátor erichromčern T. V silně alkalickém prostředí ( $pH = 11-12$ ) se hořčík sráží jako  $Mg(OH)_2$  a neruší potom titraci vápníku na indikátor murexid.

1. stanovení celkového obsahu vápníku a hořčíku podle reakce :



výsledek vyjádřený v milimolech vypočítáme podle vztahu :

$$n_{(Ca^{2+} + Mg^{2+})} = V_{Ch3} \cdot C_{Ch3} \cdot 10$$

2. Výsledek stanovení iontů  $Ca^{2+}$  vyjádřete látkovým množstvím  $Ca^{2+}$  nebo

v mg  $Ca^{2+}$  v 1  $dm^3$  vzorku podle vztahu :

$$n_{Ca^{2+}/dm^3} = V_{Ch3} \cdot C_{Ch3} \cdot 10 \quad (\text{mmol})$$

nebo

$$mCa^{2+} = nCa^{2+} \cdot M_{Ca} \cdot 10^{-3} \quad (\text{mg}/dm^3)$$

3. Stanovení iontů  $Mg^{2+}$

Látkové množství hořčíku vypočítáme odečtením látkového množství

$Ca^{2+}$  od látkového množství sumy  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$  :

$$n_{Mg^{2+}} = n_{(Ca^{2+} + Mg^{2+})} - n_{Ca^{2+}} \quad (\text{mmol})$$

Výsledek vyjádřete v mg  $Mg^{2+}$  v 1  $dm^3$  vzorku.

Výsledné objemy spotřeby odměrného roztoku chelatonu jsou :

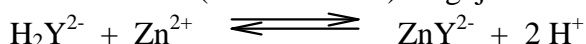
$$V_1 = 19,35 \text{ cm}^3$$

$$V_2 = 9,8 \text{ cm}^3$$

**Závěr :** Ionty vápenaté a hořečnaté jsou pravidelnou součástí přírodních vod (studniční, říční, minerální), proto se jejich obsah kromě dalších složek (anorganických i organických) průběžně sleduje. Oba ionty bývají ve vodách nejčastěji přítomny ve formě rozpustných hydrogenuhličitanů, chloridů, popřípadě síranů. Jejich obsah se vyjadřuje jako látkové množství v milimolech nebo miligramech v 1  $dm^3$  vody.

**Poznámky pro učitele :** Standardizaci z časových důvodů neprovádí studenti, dostanou již chelaton hotový. Celkově je tato úloha časově náročnější a pro zkušenější žáky.

Zinečnaté soli (základní látka) reagují s Chelatonem 3 podle rovnice :



Titrace se provádí v alkalickém prostředí na indikátor erichromčern T.

Chemikálie : odměrný roztok Chelatonu 3 ( $c=0,02 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), odměrný roztok ( $c=0,02 \text{ mol.dm}^{-3}$ )  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$ , amoniakální pufr ( $\text{pH} = 10$ ) erichromová čern T ve směsi s NaCl (1 : 100). Do titrační baňky pipetujeme 20 nebo 25  $\text{cm}^3$  standardního roztoku zinečnaté soli, přidáme 10  $\text{cm}^3$  amoniakálního tlumivého roztoku a na špičku nože indikátoru. Titrujeme roztokem Chelatonu 3, který standardizujeme. Bod ekvivalence se projeví změnou barvy roztoku z vínově červené na jasně modrou. Titraci opakujeme ještě dvakrát a z průměrné spotřeby vypočítáme koncentraci roztoku Chelatonu 3 v  $\text{mol.dm}^3$ , kterou uvedeme na čtyři desetinná místa.

Někdy se obsah  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  udává ve stupních tvrdosti (1 německý stupeň tvrdosti = 1 mg  $\text{CaO}/100\text{cm}^3$  vody). Jako voda měkká se označuje voda, jejíž tvrdost nepřesahuje 5° tvrdosti a tvrdá nad 10° tvrdosti.

## 4 Rozbor minerální vody

**Úkol :** Voda se při pohybu zemskou kůrou obohacuje o různé rozpustné minerální a plynné látky. Jestliže 1 dm<sup>3</sup> vody obsahuje více než 1 g rozpuštěných látek, označujeme ji jako minerální. Proved'te rozbor předložené minerální vody a výsledek porovnejte s etiketou na lahvi.

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, kapkovací destička, kapátka

**Chemikálie :** roztoky činidel AgNO<sub>3</sub>, BaCl<sub>2</sub> (w=0,01) , roztok NaOH, HNO<sub>3</sub> (w=0,2), roztok Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (w=0,1), roztok FeCl<sub>3</sub> (w=0,05), pH papírky, minerální vody, vápenná voda

**Postup :** 1) Postupně proved'te reakce roztoků činidel se vzorkem minerální vody na kapkovací destičce nebo ve zkumavkách. Dokázané aniony a kationty zapište a výsledky porovnejte s údaji na etiketě příslušné minerální vody.  
2) Porovnejte množství minerálních látek některých minerálních voda vody zhodno'te.

**Řešení :**

	AgNO <sub>3</sub>	BaCl <sub>2</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>	NaOH	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	FeCl <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>								
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>								
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>								
Cl <sup>-</sup>								
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> Fe <sup>2+</sup>								
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>								
CO <sub>2</sub>								

**Závěr:** Výsledky závisejí na tom, jakou minerální vodu jsme použili. Pokud použijeme Dobrou vodu, dokážeme pouze CO<sub>2</sub>, pokud je voda sycená. Velké množství chloridů obsahuje Bílinka a celkově vysoký obsah minerálů je v Šaratici a Zaječické minerálce.

**Poznámky pro učitele:** Je vhodné, aby každá skupinka měla jinou minerální vodu a je dobré připravit alespoň etikety těch minerálek, které jsou na trhu nejběžnější a zhodnotit, které minerálky se hodí pro každodenní pití, které jsou léčebné a proč. Žáci mohou z donesených lahví od minerálních vod sejmout etikety a na nástěnku zhotovit jejich přehled.

## 5 Stanovení rozpuštěného kyslíku podle Winklera

**Úkol :** Stanovte kyslík rozpuštěný ve vodě.

**Pomůcky :** kyslíkovky na odběr vody, titrační aparatura, pipeta

**Chemikálie :** roztok  $\text{MnCl}_2$ , alkalický roztok KI, roztok  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ( $c=0,05 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ )

**Postup :** Jako srážecí roztok se může používat roztok  $\text{MnCl}_2$  v prostředí HCl nebo roztok  $\text{MnSO}_4$  v prostředí  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

**Postup A:** Ihned po odebrání vzorku pipetou vpravte do lahvičky pod hladinu vzorku  $1 \text{ cm}^3$  roztoku a  $4 \text{ cm}^3$  alkalického roztoku KI. Přebytková voda přeteče. Lahvičku ihned uzavřete tak, aby pod zátkou nezůstala vzduchová bublina. Obsah promíchejte několikanásobným obrácením, až vznikne vločkovitá, dobře usaditelná sraženina, kterou nechte asi 10 minut sedimentovat. Potom lahvičku otevřete a pod hladinu vzorku rychle pipetou přidejte  $5 \text{ cm}^3$  konc.HCl. Lahvičku uzavřete a obsah promíchejte obrácením.

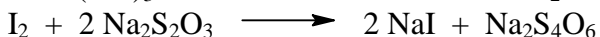
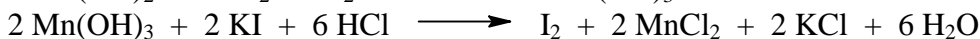
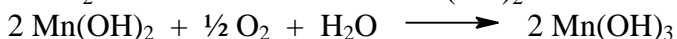
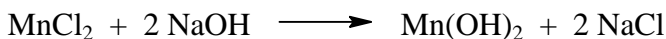
Titraci thiosíranem provádějte v laboratoři. Obsah kyslíkovky opatrně a kvantitativně přelijte do titrační baňky a vyloučený jod titrujte roztokem  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  na škrobový maz jako indikátor do odbarvení.

**Postup B:** Po odběru vzorku na dno kyslíkovky přidejte  $2 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{MnSO}_4$ . Pak se další pipetou pod hladinu přidejte  $2 \text{ cm}^3$  roztoku KOH. Láhev opatrně uzavřete tak, aby pod zátkou nezůstala vzduchová bublina. Obsah dokonale promíchejte, až vznikne vločkovitá, dobře usaditelná sraženina.

Sraženinu hydroxidů manganu nechte usadit. Čirý roztok nad sraženinou odsajte odsávacíkou tak, abyste neodsáli i sraženinu.

Po odsátí ihned přilijte po stěně do kyslíkovky  $5 \text{ cm}^3$  zředěné  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , směs okamžitě promíchejte, přidejte  $2 \text{ cm}^3$  KI a obsah znovu promíchejte. Po pětiminutovém stání v uzavřené kyslíkovce (pokud možno ve tmě) se vyloučený jod titruje přímo v kyslíkovce roztokem  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  do světle žlutého zbarvení. Pak se přidejte 3 až  $5 \text{ cm}^3$  škrobového roztoku a dotitrujte do odbarvení indikátoru.

**Reakce :**



**Řešení :** Z uvedených rovnic vyplývá, že  $1 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  o koncentraci  $0,05 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  odpovídá  $0,4 \text{ mg O}_2$ . Objem odebraného vzorku vody je roven objemu kyslíkovky zmenšenému o  $5 \text{ cm}^3$ , jež připadají na přidané roztoky. Na základě zjištěné spotřeby  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  při titraci vypočítáme množství kyslíku  $\text{O}_2$  v  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Při postupu A i B je výpočet stejný.

**Závěr :** Rozpuštěný kyslík je důležitým ukazatelem znečištění vod a možnosti života organismů.

**Poznámky pro učitele:**      **Roztok MnCl<sub>2</sub>** : 33 g MnCl<sub>2</sub>.4 H<sub>2</sub>O rozpust'te ve 100 cm<sup>3</sup> destil.H<sub>2</sub>O a okysel'te kapkou konc.HCl.

**Alkal. roztok KI** :10 g KI a 70 g KOH rozpust'te ve 100 cm<sup>3</sup> destil. H<sub>2</sub>O.

Do roztoku vhod'te st'říbrný plíšek k zamezení oxidace. Před použitím je třeba zjistit, zda roztok po okyselení HCl nevylučuje jod (roztok nesmí pozitivně reagovat na škrobový indikátor).

**Roztok MnSO<sub>4</sub>**: 400 g MnSO<sub>4</sub> . 2 H<sub>2</sub>O rozpust'te ve vodě, doplňte vodou do 1000 cm<sup>3</sup> a zfiltrujte.

**Roztok KOH** : 700 g KOH rozpust'te ve vodě a doplňte vodou do 1000 cm<sup>3</sup>.

**Kyselinu sírovou** zřed'te vodou v poměru 1:4.

**Roztok KI (w=0,15)**: 15 g KI rozpust'te ve vodě a doplňte vodou do 100 cm<sup>3</sup>.

## 6 Stanovení biochemické spotřeby kyslíku (BSK)

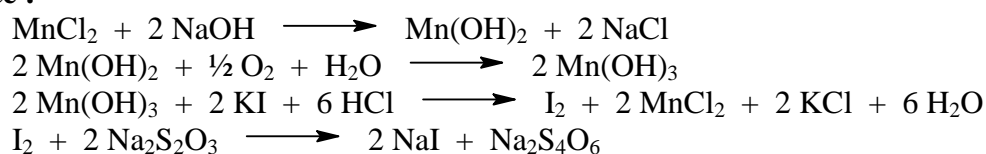
**Úkol :** Stanovte znečištění odpadní vody pomocí biochemické spotřeby kyslíku.

**Pomůcky :** kyslíkovky, titrační aparatura

**Chemikálie :** zřed'ovací voda, roztok  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ( $c=0,05 \text{ mol.dm}^{-3}$ )

**Postup :** Zkoušenou vodu rozmíchejte a zřed'te zřed'ovací vodou v poměru, který odpovídá stupni jejího znečištění. Zředěnou vodou naplněte 4 lahvičky (kyslíkovky). ve dvou z nich stanovte kyslík po 10 minutách, ve druhých dvou až po pětidennímuložení v termostatu při  $20^\circ\text{C}$ . Ke stanovení kyslíku použijte metodu podle Winklera.

**Reakce :**



**Řešení :** Výsledek se udává v miligramech  $\text{O}_2$  spotřebovaného za udanou dobu k biochemické oxidaci organických látek v  $1 \text{ dm}^3$  zkoušené vody  
Příklad výpočtu:

Vzorek odpadní vody byl zředěn v poměru 1 : 100.

Stanovení po 10 minutách : Kyslíkovka má objem  $126,0 \text{ cm}^3$ , spotřeba při titraci je  $11,8 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  o koncentraci  $c = 0,05 \text{ mol.dm}^{-3}$ .

Obsah  $\text{O}_2$  ve  $(126-5) \text{ cm}^3$ , tj.  $121 \text{ cm}^3$  zředěné odpadní vody :

$$11,8 \cdot 0,4 = 4,72 \text{ mg}$$

Obsah  $\text{O}_2$  v 1 litru zředěné odpadní vody :  $(4,72 \cdot 1000) : 121 = 39,0 \text{ mg}$

Stanovení po 5 dnech : Kyslíkovka má objem  $115,5 \text{ cm}^3$ , spotřeba při titraci je  $6,6 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  o koncentraci  $c = 0,05 \text{ mol. dm}^{-3}$ .

Obsah  $\text{O}_2$  ve  $110, \text{ cm}^3$  zředěné odpadní vody :

$$6,6 \cdot 0,4 = 2,6 \text{ mg}$$

Obsah  $\text{O}_2$  v 1 litru zředěné odpadní vody:  $(2,64 \cdot 1000) : 110,5 = 23,89 \text{ mg}$

Spotřeba  $\text{O}_2$  za 5 dní :

Spotřeba  $\text{O}_2$  na  $\text{dm}^3$  litr zředěného roztoku odpadní vody je :

$$39,0 - 23,89 = 15,11 \text{ mg}$$

Spotřeba  $\text{O}_2$  na 1 litr původního vzorku odpadní vody je :

$$15,11 \cdot 100 = 1511 \text{ mg}$$

$\text{BSK}_5$  odpadní vody je  $1511 \text{ mg. dm}^{-3}$ .

**Závěr :** Kontrolou správného zředění vzorku je spotřeba kyslíku. Jestliže se po 5 dnech spotřebovalo k biochemické reakci více než 60% původně přítomného kyslíku, jsou výsledky nepřesné a je třeba stanovení opakovat s větším zředěním vzorku.

**Poznámky pro učitele:** Žáky vedeme k používání jednotek SI. V některý případech se můžeme dostat do sporu, jakou jednotku použít. Vysvětlete, že v některých vědních oborech je zvykem používat např. litr namísto  $\text{dm}^3$ , apod.

## 7 Stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK) podle Kubela

**Úkol :** Stanovte znečištění vody organickými látkami pomocí chemické spotřeby kyslíku.

**Pomůcky :** kónická baňka, varné kamínky, titrační aparatura, kahan, síťka, chem.stojan

**Chemikálie :** vzorek vody, zřed.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KMnO}_4$  ( $c=0,01 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), kys.šťavelová ( $c=0,01 \text{ mol.dm}^{-3}$ )

**Postup :**

1. Do kónické baňky o objemu asi  $300 \text{ cm}^3$  se odměřte  $100 \text{ cm}^3$  zkoušené vody, okyselte  $5 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$  zředěné v poměru 1 : 2, přidejte několik varných kamínků a připipetujte  $20 \text{ cm}^3$  roztok  $\text{KMnO}_4$ . ( $c=0,01 \text{ mol.dm}^{-3}$ )
2. Směs zahřívejte tak, aby se uvedla do varu do pěti minut a vařte přesně 10 minut.
3. K horkému roztoku ihned přidejte  $20 \text{ cm}^3$  roztoku kyseliny šťavelové o koncentraci  $c_{(1/2(\text{COOH})_2)} = 0,01 \text{ mol.dm}^{-3}$ .
4. Odbarvenou směs titrujte za horka roztokem  $\text{KMnO}_4$  téže látkové koncentrace do růžového zbarvení.
5. Teplota směsi při titraci nesmí klesnout pod  $80^\circ\text{C}$ . Spotřebu  $\text{KMnO}_4$  odečtete s přesností aspoň na  $0,05 \text{ cm}^3$ .
6. Při větším množství organických látek přechází roztok za varu do hnědého zbarvení. V takovém případě stanovení opakujte se zředěným roztokem (s menším množstvím zkoušené vody doplněným do  $100 \text{ cm}^3$  destilovanou vodou).
7. Spotřebu manganistanu přepočítejte na odpovídající množství spotřebovaného kyslíku v  $\text{mg}$  na  $\text{dm}^3$  zkoušené vody.

**Reakce :**  $4 \text{ KMnO}_4 + 6 \text{ H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 4 \text{ MnSO}_4 + 2 \text{ K}_2\text{SO}_4 + 6 \text{ H}_2\text{O} + 5 \text{ O}_2$

**Řešení :** Přídavkem známého množství šťavelové kyseliny stejné látkové koncentrace se veškerý nespotebovaný manganistan zredukuje a vzniklý přebytek šťavelové kyseliny se zjistí retitrací roztokem  $\text{KMnO}_4$ . Z výše uvedené rovnice vyplývá, že  $1 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{KMnO}_4$  o koncentraci  $c_{(1/5\text{KMnO}_4)} = 0,01 \text{ mol. dm}^{-3}$  odpovídá  $A_r(\text{O}) : 200\,000 \text{ g O}_2$ , tj.  $0,08 \text{ mg O}_2$ .

**Závěr :** Pokud je voda silně znečištěná organickými látkami, téměř veškerý kyslík je spotřebován při katabolických procesech.

**Poznámky pro učitele:** Odměrný roztok  $\text{KMnO}_4$  o koncentraci  $0,01 \text{ mol. dm}^{-3}$  připravte zředěním zásobního roztoku o konc.  $0,1 \text{ mol. dm}^{-3}$ . Jeho faktor určíte tak, že ke  $100 \text{ cm}^3$  destil.  $\text{H}_2\text{O}$  přidáte  $5 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$  zředěné v poměru 1 : 2. Roztok se uveďte do varu a přidejte tolik roztoku  $\text{KMnO}_4$  o konc.  $0,1 \text{ mol. dm}^{-3}$ , aby vzniklo narůžovělé zbarvení (2-3 kapky). Pak se připipetujte  $25 \text{ cm}^3$  roztoku  $(\text{COOH})_2$  o koncentraci  $0,01 \text{ mol.dm}^{-3}$  a za horka se titrujte roztokem  $\text{KMnO}_4$  téže látkové



koncentrace. Spotřeba má být přesně  $25 \text{ cm}^3$ . Vyjde-li spotřeba jinak, je nutno roztok upravit na faktor 1,00 nebo faktor vypočítat a při výpočtu k němu přihlížet.

Zásobní roztok  $\text{KMnO}_4$  o koncentraci  $c_{(1/5\text{KMnO}_4)} = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  připravte rozpuštěním  $15,8 \text{ g KMnO}_4$  v  $1000 \text{ cm}^3$  vody. Přechovávejte v tmavé lahvi.

Odměrný roztok kyseliny šťavelové o koncentraci  $c_{(1/2(\text{COOH})_2)} = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  připravte rozpuštěním  $1,26 \text{ g } (\text{COOH})_2 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$  v kyselině sírové zředěné v poměru 1 : 15 a doplněním na  $1000 \text{ cm}^3$ .

## 8 Stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK) čtyřhodinovou zkouškou

**Úkol :** Stanovte znečištění vody organickými látkami čtyřhodinovou zkouškou

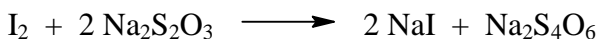
**Pomůcky :** kyslíkovky, titrační aparatura

**Chemikálie :** roztok  $\text{KMnO}_4$  ( $c=0,0625 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), zřed.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , KI, roztok  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ( $c=0,05 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), škrobový roztok

**Postup :**

1. Do 4 kyslíkovek nebo lahvíček se zabroušenou zátkou o objemu asi  $100 \text{ cm}^3$  odpipetujte po  $10 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{KMnO}_4$  o koncentraci  $c_{(1/5\text{KMnO}_4)} = 0,0625 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ .  
U vod silně znečištěných a odpadních použijte roztok  $\text{KMnO}_4$  o koncentraci  $c_{(1/5\text{KMnO}_4)} = 0,0125 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ .
2. Dále přidejte po  $10 \text{ cm}^3$  zředěné  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
3. Do prvních dvou lahvíček odpipetujte po  $25 \text{ cm}^3$  zkoušené vody a do druhých dvou lahvíček po  $25 \text{ cm}^3$  destilované  $\text{H}_2\text{O}$ .
4. Uzavřené kyslíkovky ponechte v termostatu při teplotě  $28^\circ\text{C}$  čtyři hodiny.
5. Potom do každé z nich přidejte několik krystalků KI a roztoky přímo v kyslíkovkách titrujte roztokem  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  o konc.  $0,05 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  na škrobový roztok jako indikátor.

**Reakce :**



**Řešení :** Spotřeba kyslíku se vypočítá z rozdílu spotřeb roztoku  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  o koncentraci  $c_{(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)} = 0,05 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  při vlastním stanovení a slepém pokusu. Z rovnic vyplývá, že  $1 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  o koncentraci  $c_{(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)} = 0,05 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  odpovídá  $0,4 \text{ mg O}_2$ . Výsledek přepočteme na spotřebu kyslíku v  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

**Závěr :** Spotřeba kyslíku je významným indikátorem znečištění vody, která je důležitá nejen jako pitná, ale především pro celkový život organismů.

**Poznámky pro učitele:** Zředěná  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  $100 \text{ cm}^3$  konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  doplňte do  $1000 \text{ cm}^3$  destil.  $\text{H}_2\text{O}$ . Odměrný roztok  $\text{KMnO}_4$  o koncentraci  $c_{(1/5\text{KMnO}_4)} = 0,0625 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  připravte rozpuštěním  $1,97 \text{ g KMnO}_4$  v destil.  $\text{H}_2\text{O}$  a doplněním do  $1000 \text{ cm}^3$ .

## 9 Chelatometrické stanovení vápníku, hořčíku a celkové tvrdosti vody – jednodušší postup

**Úkol :** Stanovte obsah vápníku, hořčíku a celkovou tvrdost ve studniční vodě. Výsledky porovnejte s vodou vodovodní.

**Pomůcky :** odměrný válec, titrační aparatura

**Chemikálie :** odměrný roztok Chelatonu 3 ( $c=0,02 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), roztok NaOH ( $c=1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), amoniakální pufr ( $\text{pH} = 10$ ), indikátory murexid a erichromová čerň T ve směsi s NaCl (1 : 100)

**Postup :**

1. Stanovení celkového obsahu vápníku a hořčíku:  
Do titrační baňky odměřte  $100 \text{ cm}^3$  roztoku vzorku, přidejte  $5 \text{ cm}^3$  tlumivého roztoku o  $\text{pH} = 10$  a na špičku nože indikátoru erichromčern T.  
Titrujte vínově zbarvený roztok do čistě modrého zbarvení. Spotřeba odměrného roztoku Chelatonu 3 odpovídá celkovému obsahu vápníku a hořčíku ve vzorku. Titraci opakujte ještě jednou s novým podílem vzorku. Z obou hodnot spotřeby spočítejte průměrnou spotřebu  $V_1$  a z ní celkovou tvrdost vody.
2. Stanovení vápníku:  
Do titrační baňky odměřte  $100 \text{ cm}^3$  vzorku, přidejte  $5 \text{ cm}^3$  roztoku NaOH a na špičku nože indikátoru murexidu. Titrujte odměrným roztokem Chelatonu 3 z červenofialového do modrofialového zbarvení. Spotřeba odměrného roztoku Chelatonu 3 odpovídá celkovému obsahu vápníku ve vzorku. Titraci opakujte ještě jednou s novým podílem vzorku. Z obou získaných hodnot spočítejte průměrnou spotřebu  $V_2$ , z které určíte obsah vápníku v  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ .
3. Stanovení hořčíku:  
Obsahu hořčíku v analyzovaném vzorku odpovídá rozdíl průměrných spotřeb odměrného roztoku Chelatonu 3 v prvním a druhém stanovení. Obsah určíte jednoduchým výpočtem a vyjádříte v  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

**Řešení :** Celková tvrdost vody je měřítkem koncentrace kationů dvojmocných kovů alkalických zemin, zejména vápníku a hořčíku ve vodě. Udává se jako součet látkového množství vápníku a hořčíku v milimolech na jeden  $\text{dm}^3$  vody.

V alkalickém prostředí tvoří s Chelatonem 3 nedisociované komplexy vápník i hořčík. Při chelatometrickém stanovení vápníku a hořčíku vedle sebe se nejprve stanoví obsah obou kovů titrací na indikátor erichromčern T. V silně alkalickém prostředí ( $\text{pH} = 11-12$ ) se hořčík sráží jako  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  a neruší potom titraci vápníku na indikátor murexid.

$$V_1 = 19,35 \text{ cm}^3$$

$$V_2 = 9,8 \text{ cm}^3$$

**Závěr :** Tvrdost vody sledujeme z mnoha důvodů, nejčastější je zanášení myček nádobí a praček tzv. vodním kamenem, který může zničit topné spirály. Podle tvrdosti vody také odměřujeme na praní prádla prací prášek.

**Poznámky pro učitele:** Poučte žáky, že tvrdost vody pro danou oblast lze nalézt na internetu.

## 10 Chelatometrické stanovení vápníku ve vodě

**Úkol :** Stanovte obsah vápenatých iontů ve vodovodní a studniční vodě. Určete tvrdost vody v obou vzorcích.

**Pomůcky :** titrační aparatura, odměrná baňka 100 cm<sup>3</sup>, pipeta

**Chemikálie :** roztok chelatonu 3 (c=0,05 mol.dm<sup>-3</sup>), murexid (1 % směs murexidu s NaCl ), roztok NaOH (c=2 mol.dm<sup>-3</sup>), vzorek vodovodní vody, vzorek studniční vody (pokud možno krasové)

**Postup :**

1. Odměřte 100 cm<sup>3</sup> studniční vody do titrační baňky a přidejte malé množství murexidu.
2. Přidejte tolik roztoku NaOH, aby vzorek v titrační baňce měl červenou barvu.
3. Titrujte odměrným roztokem chelatonu 3, až se červený roztok právě zbarví do fialova – titraci opakujte alespoň 3x.
4. Z průměrné spotřeby odměrného roztoku vypočítejte hmotnost Ca<sup>2+</sup>.
5. Stejný postup opakujte s vodovodní vodou.
6. Oba výsledky porovnejte a vyjádřete v gramech na dm<sup>3</sup> a německých stupních. Co můžeme říci o tvrdosti vody vzorků ?
7. Co je chelaton 3 – jaké má složení a jak reaguje? Co je murexid ? Co jsou německé stupně ?
8. Proč před titrací přidáváme ke vzorku NaOH ?

**Řešení :** Chelatometrické indikátory jsou organické sloučeniny, které se stanovovaným kationem kovového prvku tvoří komplex (chelát) odlišného zbarvení, než má samotný indikátor. Komplex s indikátorem je méně stálý než komplex s chelatonem.

Murexid s Ca<sup>2+</sup> vytvoří červeně zbarvený komplex, v bodě ekvivalence se odměrným roztokem Chelatonu 3 uvolní murexid, což se projeví vznikem fialového zbarvení. Murexid reaguje v zásaditém prostředí (pH 10–11).

Chelaton 3 je dihydrát dihydrogenethylendiamintetraoctanu sodného.

$\text{Na}_2\text{H}_2[(\text{OOCCH}_2\text{C})_2\text{N}(\text{CH}_2)_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COO})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
zkráceně Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>Y · 2 H<sub>2</sub>O nebo EDTA

1 německý stupeň = 10 mg CaO v 1 dm<sup>3</sup> vody. Voda do 5° něm. je měkká a nemusí se změkčovat, voda mezi 5–15° něm. je mírně tvrdá, nad 15° něm. je velmi tvrdá a je třeba změkčovat.

Vzhledem k tomu, že během reakce vzniká velké množství H<sup>+</sup> kationů, musíme použít pufr (udržuje stálé pH) – např. roztok NH<sub>4</sub>Cl nebo NaOH.

**Reakce :**  $\text{Ca}^{2+} + \text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \longrightarrow [\text{Ca}/\text{Y}]^{2-} + 2\text{Na}^+ + 2\text{H}^+$

**Výpočty :** Na titraci studniční vody bylo spotřebováno : 1.  
2.  
3.

Na titraci vodovodní vody bylo spotřebováno : 1.  
2.

3.

Výpočet hmotnosti  $\text{Ca}^{2+}$  a přepočet na něm. stupně ve studniční vodě

Výpočet hmotnosti  $\text{Ca}^{2+}$  a přepočet na něm. stupně ve vodovodní vodě

**Závěr :** Tvrdost vody sledujeme v domácnostech, abychom věděli např. jak máme nastavit novou myčku na nádobí a nebo kolik pracího prášku dát do prádla. Pokud dáme málo, prádlo se nevypere dobře, pokud dáme zbytečně mnoho, zatěžujeme životní prostředí fosfáty a dochází k eutrofizaci vod.  
Podle bydliště lze na internetu zjistit, jaká je tvrdost vodovodní vody pro určitou oblast.

**Poznámky pro učitele:** spotřeba chelatonu na titraci studniční vody cca  $5,3 \text{ cm}^3$   
na titraci vodovodní vody cca  $1,9 \text{ cm}^3$   
studniční voda  $10,6^\circ$  - mírně tvrdá voda  
vodovodní voda  $3,7^\circ$  - měkká voda  
Problém mají např. lidé, kteří si z finančních důvodů doplňují bazén vlastní studniční vodou a nerespektují její větší tvrdost.

## 11 Stanovení volné kyseliny uhličitě ve vodě

**Úkol :** Zjistěte hmotnost kyseliny uhličitě ve vzorku vody.

**Pomůcky :** titrační souprava, titrační baňka, odměrný válec

**Chemikálie :** voda, roztok NaOH ( $c=0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), fenolftalein

**Postup :** 1. Do odměrné baňky odměřte  $100 \text{ cm}^3$  vody.  
2. Přidejte několik kapek fenolftaleinu (bod ekvivalence je v alkalickém prostředí) a titrujte odměrným roztokem NaOH ( $c=0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$ ) do růžového zbarvení.

**Řešení :** Reakce :  
 $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Výpočet :  
 $m = V(\text{NaOH}) \cdot c(\text{NaOH}) \cdot M(\text{H}_2\text{CO}_3) \cdot F_t \cdot F_z$

$F_z$  – faktor zředění je 10 a výsledná hmotnost  $\text{H}_2\text{CO}_3$  se týká obsahu v  $\text{dm}^3$  vody.

**Závěr :** Kyselina uhličitá se v přírodě dostává do vody tak, že do proudící vody probublává vzdušný  $\text{CO}_2$ , rozpouští se trochu ve vodě a vzniká slabá kyselina uhličitá. Pitná balená voda je buď nesyčená nebo syčená  $\text{CO}_2$  a také je vlastně slabou kyselinou.

**Poznámky pro učitele:** Každá skupina žáků může dostat jiný vzorek – vodovodní vodu, syčenou minerální vodu – dříve otevřenou, čerstvě otevřenou. Pokud je možné, čerstvou potoční vodu.

## 12 Vlastnosti vody destilované, pitné a minerální

- Úkol :** 1. Určete tvrdou a měkkou vodu a množství odparku z jednotlivých druhů vod.  
2. Porovnejte vlastnosti vody destilované, pitné a minerální pomocí roztoku mýdla.
- Pomůcky :** 3 hodinová skla, 3 vodní lázně, kahan, 3 zkumavky, stojan na zkumavky, kádinka, skleněná tyčinka
- Chemikálie :** vodovodní voda, destil. H<sub>2</sub>O, minerální voda, mýdlový roztok, HCl (w=0,05)
- Postup :** 1. Připravte si 3 hodinová skla a 3 vodní lázně.  
Na první sklo nalijte 5 cm<sup>3</sup> destil. H<sub>2</sub>O, na druhé 5 cm<sup>3</sup> pitné vody z vodovodu a na třetí 5 cm<sup>3</sup> minerální vody.  
Hodinová skla zahřívejte na vodní lázni tak dlouho, až se všechna voda odpaří.  
Porovnejte množství odparku jednotlivých druhů vod.  
Odparek minerální vody zkropte několika cm<sup>3</sup> roztoku HCl (w=0,05). Šumění plynu vznikajícího při reakci je důkazem uhličitánů.  
2. Připravte si roztok mýdla tak, že povaříte asi 0,5 g jádrového mýdla v 5 cm<sup>3</sup> destilované H<sub>2</sub>O.  
Do jedné zkumavky odměřte 5 cm<sup>3</sup> destil. H<sub>2</sub>O, do druhé 5 cm<sup>3</sup> pitné vody a do třetí 5 cm<sup>3</sup> minerální vody.  
Do všech tří zkumavek přidejte po 1 cm<sup>3</sup> mýdlového roztoku a obsah zkumavek důkladně promíchejte.  
Porovnejte množství vzniklé pěny a sraženiny v jednotlivých zkumavkách a zdůvodněte rozdíly.
- Reakce :** 1. a)  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
b)  $\text{MgCO}_3 + 2 \text{HCl} \longrightarrow \text{MgCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
2.  $2 \text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa} + \text{Ca}^{2+} \longrightarrow (\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COO})_2\text{Ca} + 2 \text{Na}^+$
- Řešení :** 1. Tvrdost vody je způsobena především rozpuštěnými solemi vápenatými a hořečnatými.  
Rozeznáváme tvrdost vody :  
a) přechodnou (karbonátovou) – je způsobena hydrogenuhličitánem vápenatým a hořečnatým. Povařením vody tato tvrdost mizí.  
b) trvalou – je způsobena rozpuštěným síranem vápenatým a hořečnatým.  
Nelze ji odstranit varem, ale chemicky.  
Reakcí odparku se zředěnou HCl dochází k uvolnění CO<sub>2</sub>.  
2. Mýdlo obsahuje rozpustné sodné nebo draselné soli mastných kyselin. Když voda obsahuje rozpuštěné soli vápenaté, hořečnaté aj., vznikají reakcí mýdla s těmito solemi i nerozpustné vápenaté, hořečnaté aj. soli mastných kyselin.
- Závěr :** V přírodě se vyskytující voda není nikdy čistá, obsahuje vždy určité

množství rozpuštěných látek, plynů a nerozpuštěných pevných látek.  
Některé z těchto rozpuštěných látek způsobují tzv. tvrdost vody.  
Destilovaná voda je voda měkká, pitná a minerální voda jsou vody tvrdé.  
Jednotlivé druhy vod vytvářejí s roztokem mýdla různé množství pěny a sraženiny.  
Destilovaná voda s roztokem mýdla nevytváří sraženinu a dobře pění.  
Pitná voda vytváří menší množství sraženiny a pění jen částečně.  
Minerální voda vytváří značné množství sraženiny a pění jen málo.

**Poznámky pro učitele:** Pro úlohu zajistěte i vodu z řeky nebo potoka, studničnickou nebo minerální vody o různém obsahu minerálů a žáci mohou různé vzorky porovnat. Z časových důvodů je lepší připravit mýdlový roztok předem.



## **4.7.2 Analýza potravin**

- 1 Důkaz látek v mléce**
- 2 Stanovení kyselosti mléka**
- 3 Inhibice enzymů**
- 4 Sledování úbytku kyseliny askorbové vařením**
- 5 Stanovení kyseliny šťávelové v přírodním materiálu**
- 6 Stanovení chloridů argentometricky**
- 7 Stanovení hmotnostního zlomku kyseliny octové v octě**
- 8 Methanol nebo ethanol**

# 1 Důkaz látek v mléce

**Úkol :** Zjistěte, které látky obsahuje kravské mléko.

**Pomůcky :** kádinky, zkumavky, nálevka, filtrační papír, skleněná tyčinka, hodinové sklo, kahan

**Chemikálie :** mléko, bezvodý  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{AgNO}_3$ , Fehlingův roztok I+II, ocet, bromtymolová modř, metylčerveň, zřed.  $\text{HCl}$ , šťavelan amonný, kys. octová ( $w=0,1$ )

**Postup :**

1. Na suché hodinové sklo umístěte několik krystalků bezvodého  $\text{CuSO}_4$  a několik kapek mléka.
2. Do malé zkumavky dejte  $2 \text{ cm}^3$  mléka a přikápněte bromtymolovou modř.  
Do jiné zkumavky dejte  $2 \text{ cm}^3$  mléka a přikápněte metylčerveň.
3.  $100 \text{ cm}^3$  mléka nalijte do kádinky o objemu  $250 \text{ cm}^3$  opatrně zahřejte k varu a nechte vychladnout.
4. Do vychladlého mléka přidejte  $6 \text{ cm}^3$  octa a pomalu míchejte. Sraženinu oddělte filtrací.
5.  $5 \text{ cm}^3$  filtrátu (syrovátky) nalijte do zkumavky a přidejte několik kapek roztoku  $\text{AgNO}_3$ .
6. Několik  $\text{cm}^3$  filtrátu nalijte do zkumavky a přidejte  $5 \text{ cm}^3$  Fehlingova činidla a opatrně zahřívejte.
7. Trochu sražené bílkoviny – albumin nebo kasein – dejte do zkumavky a zahřívejte v plameni.
8. Na podložní sklo přeneste několik kapek syrovátky a odpařte nad kahanem.
9. Důkaz Ca ve tvarohu : na lžičku popela, získaného spálením tvarohu, přilijte zředěnou  $\text{HCl}$ , povařte, přilijte  $3 \text{ cm}^3$  destil.  $\text{H}_2\text{O}$ , přefiltrujte a k filtrátu přikápněte roztok šťavelanu amonného.
10. Důkaz P v mléce : lžičku popela z kaseinu povařte v kádince se zředěnou kys. octovou. Když se přebytečná kyselina odpaří, přilijte destil.  $\text{H}_2\text{O}$ , přefiltrujte a k části filtrátu ve zkumavce přidejte  $\text{AgNO}_3$ .

**Řešení :**

1. Krystalky zmodrají. Mléko obsahuje vodu.
2. Indikátor bromtymolová modř získá zelenou barvu, pH čerstvého mléka je v rozmezí 6,0–7,6.  
Indikátor metylčerveň získá oranžovou barvu, pH čerstvého mléka se pohybuje v rozmezí 4,4–6,2. Závěrem z těchto stanovení vyplývá, že pH mléka se pohybuje v rozmezí 6,0–6,2.
3. Na povrchu mléka se vytvořil škrálop, tvoří ho bílkovina albumin.
4. Mléko se srazilo, sraženinu tvoří bílkovina kasein, kterou můžeme dokázat xanthoproteinovou reakcí.
5. Vytvořila se bílá sraženina, mléko obsahuje  $\text{Cl}^-$ .
6. Vznikla cihlově červená sraženina, mléko obsahuje disacharid laktózu. Její molekula se skládá z glukózy a galaktózy a vykazuje některé vlastnosti monosacharidů (redukuje Fehlingův roztok). Je

typická pro mléko savců. Získává se ze syrovátky po odstranění tvarohu.

7. Po odpaření vody došlo k pyrolýze bílkoviny a objevil se černý uhlík.
8. Vzniknou bílé krystalky laktózy.
9. Bílá sraženina šťavelanu vápenatého je důkazem Ca v kaseinu mléka.
10. Roztok kyseliny ( $w=0,1$ ) se používá proto, že vznikající fosforečnan stříbrný se v silnějších anorganických kyselinách rozpouští. Naopak přítomnost aniontu octanového napomáhá kvantitativnímu srážení fosforečnanu stříbrného.

**Závěr :** Mléko obsahuje bílkoviny, cukry, tuky, vitamíny, minerální soli, kyseliny, uhlovodíky a enzymy.

**Poznámky pro učitele:** Neupravené kravské mléko obsahuje

- 0,7-1% minerálních solí
- 2,6-5% tuku
- 3-3,2% bílkovin
- 4-4,6% cukrů
- 85-88% vody.

Z celkového množství mléčných bílkovin je v kravském mléce zastoupen především kasein (83%), dále laktalbumin (14%), který se sráží při teplotě nad 72°C. Mléko obsahuje vitamíny rozpustné v tucích i ve vodě. Při jeho zpracování přecházejí některé vitamíny (A, D, E) do másla, jiné do syrovátky (B, C).

## 2 Stanovení kyselosti mléka

**Úkol :** Stanovte kyselost v čerstvě otevřeném mléce a porovnejte s kyselostí mléka jeden nebo několik dní otevřeném.

**Pomůcky :** byreta (50 cm<sup>3</sup>), titrační baňky, 2 kádinky, pipeta

**Chemikálie :** roztok NaOH (c=0,1 mol.dm<sup>-3</sup>), fenolftalein

**Postup :**

1. Byretu naplňte odměrným roztokem NaOH.
2. Do titrační baňky odpipetujte 20 cm<sup>3</sup> mléka, nařed'te 150 cm<sup>3</sup> destil. H<sub>2</sub>O, přidejte 10 kapek fenolftalejnu.
3. Titrujte roztokem NaOH do bodu ekvivalence, do trvale růžového zbarvení.
4. Titraci proved'te ještě dvakrát, vypoč'tete průměrnou spotřebu a vypoč'tete objem kyseliny mléčné v 1 dm<sup>3</sup> mléka.
5. Stejný postup proved'te s dalšími vzorky mléka.

**Řešení :** Mléko obsahuje laktózu (mléčný cukr), kterou bakterie přítomné v mléce postupně přeměňují na kyselinu mléčnou CH<sub>3</sub>-CHOH-COOH. Když se koncentrace kyseliny mléčné zvýší nad určitou hodnotu, mléko zkysne (srazí se). Kyselost mléka se vyjadřuje ve stupních. 1°D odpovídá 0,1 g kyseliny mléčné v jednom dm<sup>3</sup> mléka. Čerstvé mléko obsahuje méně než 18°D, kyselé mléko 18–40°D a nad 40°D mléko tvarohovatí. Supeň kyselosti vypočítáme ze vztahu  $x^{\circ}D = V_{\text{NaOH}} \cdot 4,5$ .

**Závěr :** Čerstvě otevřené mléko obvykle obsahuje jen velmi málo kyseliny mléčné (obvykle kolem 3°D). Pokud necháme mléko jeden den otevřené na vzduchu nebo týden v ledničce, naměříme hodnoty vyšší.

**Poznámky pro učitele:** Je třeba nechat mléko otevřené několik dní nebo úlohu modifikovat a kyselost zjišťovat v různých druzích mléka, polotučného, odstředěného, tučného, atd. Nejprůkaznější je tato úloha s čerstvým nepasterizovaným mlékem.

### 3 Inhibice enzymů

Inhibice pochodů, které vedou k ztmavnutí bramborových řízků můžeme za laboratorní teploty dosáhnout přidávkem látek, které reagují s těžkými kovy (Cu v tyrozináze a polyfenoláze, Fe v peroxydáze) nebo s látkami, které oblivňují redoxní potenciál prostředí.

**Úkol :** Dokažte přítomnost enzymů, které způsobují tmavnutí bramborových řízků.

**Pomůcky :** brambory, nerezové struhadlo, zkumavky, pipeta

**Chemikálie:** roztok Na<sub>2</sub>S (w=0,005), roztok KCN (w=0,005), roztok thiomocoviny (w=0,005), roztok Chelatonu 3 (w=0,005), (disodná sůl kys.etylendiamintetraoctové), roztok Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> (w=0,005), parafínový olej

**Postup :**

1. Asi 1 g jemných plátků brambor ihned po nastrohání dáme na dno zkumavek a rychle převrstvujeme :
  - v první zkumavce 3 cm<sup>3</sup> vody
  - v druhé 3 cm<sup>3</sup> vody a 1-2 cm<sup>3</sup> parafínového oleje
  - ve třetí 3 cm<sup>3</sup> Chelatonu 3
  - ve čtvrté 3 cm<sup>3</sup> roztoku KCN
  - v páté 3 cm<sup>3</sup> roztoku Na<sub>2</sub>S
  - v šesté 3 cm<sup>3</sup> roztoku thiomocoviny
  - v sedmé 3 cm<sup>3</sup> roztoku siřičitanu sodného
2. Roztoky pozorujeme prvých 15 minut (záznamy zapisujete po 5 minutách), pak po půl hodině, hodině a čtyřech hodinách. Záznamy o inhibici a tmavnutí zapisujete v relativní stupnici 0–5 bodů (5 bodů značí roztok temně zbarvený, srovnávej se zkumavkou prvou).
3. Vysvětlíte proč chléb v ústech po delší době sládne ?
4. Kde se v průmyslu používají enzymové reakce ?
5. Objasněte princip zpětné vazby

#### Řešení :

Katalytická činnost enzymů je snižována (inhibována) až úplně zabržděna některými látkami, tzv. inhibitory. Tyto látky reagují s molekulou enzymu a tvoří se inaktivní komplex enzymu s inhibitorem. Účinek inhibitorů může být reverzibilní nebo ireverzibilní.

Reverzibilní inhibitor můžeme od enzymu oddělit např. dialýzou a enzym za přítomnosti koenzymu nabývá dřívější aktivitu. Ireverzibilní inhibitory nazýváme také destruktory.

Některé inhibitory je možné vytěsnit z komplexu s enzymem přebytkem substrátu, v tom případě se jedná o inhibici kompetitivní. Kompetitivní inhibitory konkurují o aktivní skupiny enzymu se substrátem a zabraňují tvorbě aktivního komplexu enzymu se substrátem.

Nekompetitivní inhibitory nelze vytěsnit přebytkem substrátu. Nekompetitivní inhibitory reagují s apoenzymem, na kterém zůstávají navázány i při přebytku substrátu a aktivitu enzymu tak rychle snižují.

Kompetitivní inhibice má velký fyziologický význam a je jedním z regulačních pochodů enzymatického působení v živých organismech.

Tmavnutí řízků brambor je komplikovaný proces, při kterém látky obsažené v bramborách (tyrozín, polyfenoly, atd.) přecházejí na tmavé melaniny. Pochody, které vedou k tmavnutí jsou převážně katalyzovány enzymaticky. Tmavnutí je závislé na těchto faktorech :

- Přítomnost vhodného prekursoru melanoidních látek, kterými jsou tyrozín a difenoly, které oxydaci poskytují 3,4-dihydroxyfenylalanin.
- Přítomnost vhodných katalyzátorů, které mohou být anorganické nebo organické. Účinným anorganickým katalyzátorem jsou např. ionty železa. Organickým katalyzátorem může být tyrozináza nebo polyfenoloxydáza a peroxydáza.
- Dostatečné množství kyslíku, protože všechny zúčastněné enzymy jsou oxydázy. K tmavnutí brambor stačí již jen velmi malé množství kyslíku.
- Nízká hladina látek, které vážou kyslík. Jsou to látky, které mají větší afinitu ke kyslíku, než prekuzory melaninů. Z obsahových látek brambor jsou to hlavně kyselina askorbová a glutathion.
- Optimální rozmezí pH u pochodů vedoucích k tvorbě melaninů je přibližně kolem neutrální reakce prostředí.
- Rozsah teplot, v kterém dochází k tmavnutí bramborových řízků je od 10°C do 60°C.
- Přítomnost dostatečného množství vody.

ad 3 V slinách obsažený ptyalin je amylázou a hydrolyzuje škrob na sladce chutnající maltózu.

ad 4 Průmyslově se enzymaticky vyrábí ethylalkohol, aceton, kyselina mléčná, citronová, antibiotika, sýry, mléčné výrobky, aj.

ad 5 Výsledný produkt série biochemických reakcí katalyzovaných enzymy je inhibítorem enzymu, zahajujícího tuto sérii. Pokud není produkt odčerpán a hromadí se, sám zablokuje svoji tvorbu ze substrátu a tím umožní jeho využití pro jiné reakce.

**Závěr :** Některé sorty brambor poskytují při tmavnutí na vzduchu červenavé zbarvení, dohněda. Porovnání intenzity a tónu zbarvení se někdy používá k rozlišení jednotlivých sort brambor. Částečné tmavnutí roztoku s chelatonem můžeme vysvětlit tím, že chelaton reaguje též s vápníkem a jinými kationty, které jsou přítomny v bramborách.

**Poznámky pro učitele:** Poněkud časově náročnější a pracnější úloha vhodná zejména pro žáky chemického semináře. Pro úlohu je vhodné zajistit několik různých odrůd brambor.

## 4 Sledování úbytku kyseliny askorbové vařením

**Úkol :** Ověřte, do jaké míry se varem snižuje obsah vitamínu C ve vzorku.

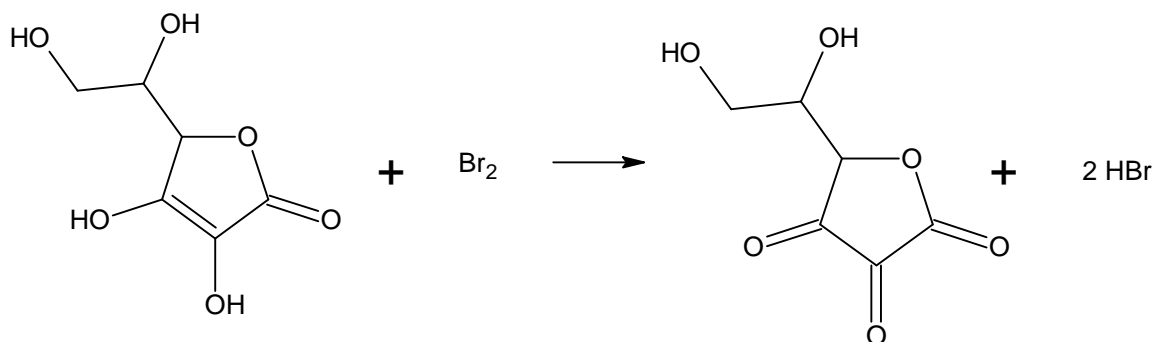
**Pomůcky :** kahan stojan s příslušenstvím, keramická síťka, souprava na titraci, titrační baňka, odměrný válec

**Chemikálie :** roztok bromičnanu draselného ( $c=0,02 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), roztok bromidu draselného ( $w=0,1$ ), roztok kyseliny chlorovodíkové ( $w=0,18$ ), roztok indigokarmínu, tablety Celaskonu (100 mg v jedné tabletě)

**Postup :**

1. Připravte si 5 titračních baněk a v každé rozpusťte ve  $25 \text{ cm}^3$  destilované vody 1 tabletu Celaskonu.
2. Do jedné baňky přidejte  $10 \text{ cm}^3$  roztoku KBr ( $w=0,1$ ) a  $6 \text{ cm}^3$  HCl ( $w=0,18$ ).
3. Titrujte odměrným roztokem  $\text{KBrO}_3$  do prvního trvalého žlutého zbarvení.
4. Obsah ostatních baněk povařte – první 5 minut, druhou 10 minut, třetí 15 minut, čtvrtou 20 minut.
5. Po vychladnutí postupujte stejně jako v bodech 2 a 3.
6. Spotřebu při titraci zapište do tabulky a vypočítejte hmotnosti kyseliny askorbové odpovídající uvedeným spotřebám.
7. Které vitamíny jsou rozpustné v tucích a které ve vodě ?
8. Jaká je biochemická funkce vitamínů?
9. Pokuste se vysvětlit, proč se vitamín C ničí varem ?

**Řešení :** Kyselina L – askorbová ( vitamín C) je dobře rozpustná ve vodě. Patří k nejdůležitějším biochemickým redoxním systémům. Její potřeba pro člověka je desetkrát až stokrát vyšší než potřeba jiných vitamínů. Princip bromátometrického stanovení spočívá v oxidaci bromidu bromičnanem v kyselém prostředí. Vyloučený brom oxiduje kyselinu L – askorbovou.

$$6 \text{H}^+ + \text{BrO}_3^- + 5 \text{Br}^- \rightarrow 3 \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$$


Konec titrace indikuje první trvalý přebytek elementárního bromu, který změní zbarvení indikátoru indigokarmínu z modrozelené na žlutou.

Porovnáním reakcí vyplývá, že 
$$\frac{n(\text{kys. askorbové})}{n(\text{BrO}^-)} = \frac{3}{1}$$

Teoretická spotřeba je 9,46 cm<sup>3</sup> odměrného roztoku na 100 mg kyseliny askorbové. Úbytek vařením je pozvolný, ještě po 12 minutách varu vzorek obsahuje asi 93 mg .

Doba varu ( min. )	0	5	10	15	20
Spotřeba odměrného roztoku ( cm <sup>3</sup> )					
Hmotnost kys. askorbové ( mg )					

**Závěr :** Je překvapující, že vitamín C varem příliš neubývá. Záleží na tom, co přesně sledujeme. V této úloze titrujeme roztok celaskonu a úbytek vitamínu C není velký. V běžném životě si celaskon nevaříme. Většinou vaříme zeleninu nebo brambory. Pokud stejný pokus provedeme např. s bramborami, ve vodě stanovíme poměrně velké množství vitamínu C, ale vodu z brambor nekonzujeme a vlastně touto metodou obsah vitamínu C v bramborách neurčíme.

**Poznámky pro učitele:** Na základě zformulovaného závěru je možno vyvodit, že vzhledem k obsahu vitamínu C je vhodnější jíst bramborovou polévku. Molární hmotnost kyseliny askorbové je 176,12 g.mol<sup>-1</sup>.



## 5 Stanovení kyseliny šťavelové v přírodním materiálu

**Úkol :** Stanovte kyselinu šťavelovou v přírodním materiálu manganometricky.

**Pomůcky :** titrační aparatura, pipeta, kádinka, nálevka, titrační baňka, váhy, chem. lžička, třecí miska s tloučkem, filtrační kruh, filtrační papír

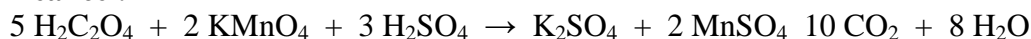
**Chemikálie :** rostlinný materiál (např. šťovík, reveň), křemičitý písek, standardizovaný odměrný roztok  $\text{KMnO}_4$  ( $c=0,02 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), roztok  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $c=2 \text{ mol.dm}^{-3}$ ),  $\text{MnSO}_4$

**Postup :**

1. V třecí misce jemně rozetřete 2 g přírodního materiálu se lžičkou jemného písku. Směs vyluhujte 50  $\text{cm}^3$  destilované vody a výluh přefiltrujte do titrační baňky.
2. K filtrátu přidejte 15  $\text{cm}^3$  kyseliny sírové a 0,1 g síranu manganatého.
3. Byretu naplňte odměrným roztokem manganistanu draselného a nastavte meniskus na nulu.
4. Směs v titrační baňce titrujte odměrným roztokem  $\text{KMnO}_4$  do prvního trvale růžového zbarvení. Titraci proveďte celkem 3x.
5. Z průměrné spotřeby  $\text{KMnO}_4$  vypočítejte hmotnost kyseliny šťavelové ve vzorku.

Vysvětlete, proč při této titraci nepoužíváme žádný indikátor.

**Reakce :**



**Řešení :** Kyselina šťavelová se vyskytuje volná nebo v podobě solí v zelených rostlinách. Volná se dá stanovit např. manganometricky. Při této metodě se kyselina šťavelová oxiduje manganistanem v kyselém prostředí na oxid uhličitý.

Tato metoda je pouze orientační, protože materiál může obsahovat ještě jiné látky, které se oxidují.

Na titraci vzorku bylo spotřebováno :

- 1.
- 2.
- 3.

Výpočet hmotnosti kyseliny šťavelové ve vzorku:

$$n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 2,5 \cdot n(\text{KMnO}_4)$$

$$m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 2,5 \cdot c(\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{KMnO}_4) \cdot M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$$

$$m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 2,5 \cdot 0,02 \text{ mol.dm}^{-3} \cdot 0,001 \text{ dm}^3 \cdot 90,03 \text{ g.mol}^{-1} = 0,0045 \text{ g}$$

Spotřeba 1  $\text{cm}^3$  odměrného roztoku  $\text{KMnO}_4$  odpovídá 0,0045 g kyseliny šťavelové ve vzorku.

**Závěr :** Šťovík obsahuje podstatně více kyseliny šťavelové než reveň.

Při manganometrii nepoužíváme indikátory, protože odměrný roztok  $\text{KMnO}_4$  je barevný, a proto můžeme dobře sledovat bod ekvivalence.

**Poznámky pro učitele:** Na titraci bylo spotřebováno cca 2,2  $\text{cm}^3$   $\text{KMnO}_4$ . Ve 4 g reveně je přibližně 0,125 g kyseliny šťavelové. V případě vzorku se šťovíkem bylo spotřebováno 2,8  $\text{cm}^3$   $\text{KMnO}_4$  – ve 4 g šťovíku je přibližně 0,126 g kyseliny šťavelové. Poukázat na vliv kys. šťavelové na odvápnění kostí a nevhodnost konzumace reveně pro ohroženou skupinu lidí – vztah k ochraně zdraví.

## 6 Stanovení chloridů argentometricky

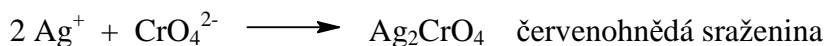
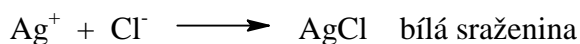
**Úkol :** Stanovte chloridy v minerální vodě titrací odměrným roztokem  $\text{AgNO}_3$ .

**Pomůcky :** titrační souprava, titrační baňka o objemu  $250 \text{ cm}^3$ , pipeta  $100 \text{ cm}^3$ , odměrný válec  $5 \text{ cm}^3$ , skleněná tyčinka

**Chemikálie :** odměrný roztok  $\text{AgNO}_3$  ( $c=0,05 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), roztok  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  ( $w=0,05$ ), vzorek minerální vody (nejlépe Bílinka)

**Postup :** Do titrační baňky o objemu  $250 \text{ cm}^3$  odměřte  $100 \text{ cm}^3$  vzorku minerální vody, přidejte  $1 \text{ cm}^3$  roztoku chromanu draselného a roztok promíchejte. Za stálého míchání titrujte odměrným roztokem  $\text{AgNO}_3$  do vzniku červenohnědého zbarvení směsi. Během titrace vzniká přechodně sraženina  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ , která však mícháním zmizí a roztok zůstane žlutý (volné chloridové ionty vytěsní ze sraženiny  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  ionty  $\text{CrO}_4^{2-}$ , které dodávají roztoku žluté zbarvení). Teprve nadbytečné ionty  $\text{Ag}^+$  vysrážejí nevratně sraženinu chromanu stříbrného. Výsledek vyjádřete v milimolech  $\text{Cl}^-$  nebo v mg  $\text{Cl}^-$  přítomných v  $1 \text{ dm}^3$  vzorku vody.

**Řešení :** Stanovení je založeno na srážecí reakci iontů  $\text{Cl}^-$  odměrným roztokem dusičnanu stříbrného v neutrálním prostředí za indikace ionty  $\text{CrO}_4^{2-}$ , které poskytují s volnými (nadbytečnými) ionty  $\text{Ag}^+$  červenohnědou sraženinu  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ .



**Závěr :** Minerální voda Bílinka je i na chuť slaná a obsahuje vysoké množství iontů i chloridových.

**Poznámky pro učitele:** Tuto úlohu lze modifikovat tak, že místo minerální vody použijeme mořskou vodu, kterou si dovezeme z dovolené u moře (nebo přinesou žáci). Pro tuto úlohu použijeme roztok  $\text{AgNO}_3$  o koncentraci  $c=0,01 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ .  $10 \text{ cm}^3$  mořské vody odpipetujeme do odměrné baňky ( $250 \text{ cm}^3$ ) a doplníme po rysku. Z tohoto vzorku odpipetujeme  $10 \text{ cm}^3$ , zředíme na  $50 \text{ cm}^3$  destilovanou vodou, přidáme 10 kapek  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  a titrujeme odměrným roztokem  $\text{AgNO}_3$ .

## 7 Stanovení hmotnostního zlomku kyseliny octové v octě

**Úkol :** Alkalimetrickým stanovením ověřte, zda je potravinářský ocet 8 %-ní.

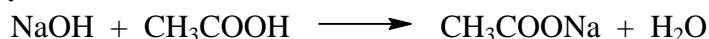
**Pomůcky :** titrační aparatura, odměrná baňka 100 cm<sup>3</sup>

**Chemikálie :** roztok NaOH (c=0,1 mol.dm<sup>-3</sup>), fenolftalein, ocet

**Postup :**

1. Byretu naplňte odměrným roztokem hydroxidu sodného a nastavte meniskus na nulu.
2. Ocet zřed'te 10x tak, že do odměrné baňky odpipetujete 10 cm<sup>3</sup> obchodního octa, zvažíte a doplníte destilovanou vodou na 100 cm<sup>3</sup>.
3. Z takto zředěného roztoku odpipetujte 10 cm<sup>3</sup> do titrační baňky přidejte 3 kapky fenolftaleinu a titrujte odměrným roztokem hydroxidu sodného do prvního trvalého zbarvení.
4. Pak odečtete spotřebu odměrného roztoku, titraci opakujte ještě dvakrát a vypočítejte průměrnou spotřebu.

**Vypracování :**



Na titraci 10 cm<sup>3</sup> zás.roztoku bylo spotřebováno : 1.  
2.  
3

Výpočet hmotnostního zlomku kys.octové v octě.

Nejprve vypočítáme hmotnost kyseliny octové v 10 cm<sup>3</sup> 10x zředěného vzorku octa.

Hmotnost kyseliny octové v 10 cm<sup>3</sup> neředěného octa je desetinásobkem.

Hmotnostní zlomek je podíl hmotnosti kyseliny octové a hmotnosti octa.

Molární hmotnost kyseliny octové je 60,05 g.mol<sup>-1</sup>.

Průměrná spotřeba NaOH je 13,9 cm<sup>3</sup> (měla by být mezi 14 a 15 cm<sup>3</sup>)

$$m_{\text{CH}_3\text{COOH}} = c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot M_{\text{CH}_3\text{COOH}}$$

$$m_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 0,1 \cdot 13,9 \cdot 60,05 = 0,0834695 \text{ g v } 10 \text{ cm}^3 \text{ tj } 0,834695 \text{ g v neředěném octě}$$

$$w = \frac{0,834695}{10} = 0,0834695 \text{ tj } 8,35 \%$$

**Závěr :** Zjištěná hodnota koncentrace octa se obvykle pohybuje v rozmezí 7,8 – 8,1%.

**Poznámky pro učitele:** 8% ocet obsahuje 8 g CH<sub>3</sub>COOH ve 100 g, tj. přibližně ve 100 cm<sup>3</sup> roztoku. To odpovídá molární koncentraci přibližně 1,3 mol.dm<sup>-3</sup>. Je třeba ho nejprve zředit v poměru 1: 10 (vzhledem ke koncentraci roztoku NaOH).

## 8 Methanol nebo ethanol

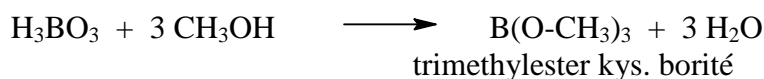
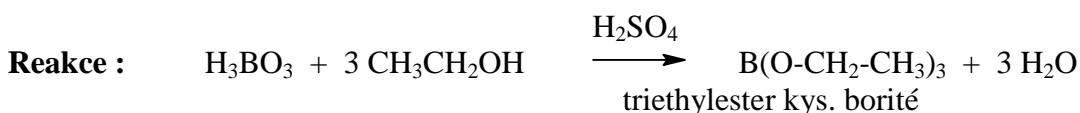
**Úkol :** Naučte se rozlišovat methanol a ethanol a určete, zda předložený vzorek obsahuje methanol nebo ne.

**Pomůcky :** porcelánové misky, písečné lázně, lžička, špejle

**Chemikálie :** ethanol, methanol, kyselina boritá, konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$

**Postup :**

1. Do dvou porcelánových misek dejte půl lžičky kyseliny borité, do jedné pak nalijte  $10\text{ cm}^3$  ethanolu a do druhé  $10\text{ cm}^3$  methanolu.
2. Misky se směsí dejte na písečnou lázeň a obsah v miskách zároveň zapalte pomocí špejle.
3. Pozorujte zbarvení plamene.
4. Uhasťte plameny v misce s ethanolem a přidejte  $0,5\text{ cm}^3$  kyseliny sírové a znovu zapalte. Pozorujte zbarvení plamene.
5. Postup (body 1 – 3) proveďte se zkoumaným vzorkem domácí pálenky.



**Řešení :** Zelený plamen má miska obsahující methanol, u misky obsahující ethanol pozorujeme žlutý plamen. Po přidání kyseliny sírové pozorujeme i u ethanolu zelený plamen.

V obou miskách probíhá esterifikace. V misce s methanolem vzniká rychle větší množství methylesteru kyseliny borité, který barví plamen zeleně. Estery kyseliny borité barví plameny zeleně. V druhé misce se pomalu ustavuje rovnováha a větší množství ethylesteru kyseliny borité vznikne až po přidání konc.kyseliny sírové, která esterifikaci katalyzuje.

**Závěr :** Zkoumaný vzorek hořel čistě žlutě, z toho vyplývá, že domácí pálenka neobsahuje methanol. Zkouška je rychlá, avšak pouze orientační.

**Poznámky pro učitele:** Úlohu je možno využít k zdůraznění rizik konzumace alkoholu a nebezpečí záměny a požití methanolu malými dětmi. Methanol je přítomen zejména v rozmrazovacích přípravcích a může být dostupný v domácnostech dětem.

### **4.7.3 Analýza rostlin**

- 1 Analýza rostlinného popela**
- 2 Důkaz vápníku 1**
- 3 Důkaz vápníku 2**
- 4 Důkaz fosforu**
- 5 Důkaz draslíku**
- 6 Důkaz kationtů železnatých**
- 7 Důkaz kationtů železitých reakcí s hexakynoželeznatanem draselným**
- 8 Důkaz kationtů železitých reakcí s rhodanidem draselným**
- 9 Důkaz síry**
- 10 Důkaz síry reakcí s chloridem barnatým**
- 11 Důkaz chlóru**
- 12 Důkaz křemíku**
- 13 Důkaz manganu**
- 14 Důkaz bílkovin**
- 15 Důkaz globulínů**
- 16 Důkaz lepku**
- 17 Důkaz celulózy**
- 18 Důkaz ligninu**
- 19 Důkaz deoxyribonukleové kyseliny**
- 20 Důkaz provitamínu A**
- 21 Důkaz vitamínu C**
- 22 Důkaz vitamínu B**
- 23 Důkaz vitamínu D**

- 24 Chromatografický rozklad chlorofylu**
- 25 Dělení listové zeleně adsorpční chromatografií**
- 26 Důkaz redukujících monosacharidů**
- 27 Důkaz sacharidů**
- 28 Rozlišení monosacharidů a disacharidů od polysacharidů**
- 29 Rozlišení D-fruktózy a D-glukózy**
- 30 Některé analytické reakce sacharid**
- 31 Důkaz škrobu**
- 32 Důkaz tuků**
- 33 Důkaz silic**
- 34 Důkaz zásobních látek tukového charakteru**

# 1 Analýza rostlinného popela

**Úkol :** Dokažte přítomnost uhlíku, síry, halogenů, fosforu, sodíku a křemíku v rostlinném popelu.

**Pomůcky :** kádinky, skleněná tyčinka, nálevka, stojan s příslušenstvím, kahan, keramická síťka, platinový drátek, odměrný válec

**Chemikálie :** roztok  $\text{HNO}_3$  ( $w=0,45$ ), roztok  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  ( $w=0,02$ ), roztok  $\text{HCl}$  ( $w=0,2$ ),  $\text{BaCl}_2$  ( $w=0,01$ ), roztok  $\text{AgNO}_3$  ( $w=0,01$ ), roztok amoniaku ( $w=0,1$ ), roztok octanu amonného ( $w=0,1$ ), roztok thiokyanatan amonného ( $w=0,05$ ), roztok kys. šťavelov ( $c=1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

**Postup :**

1. Rostlinný popel se získá spalováním za přístupu vzduchu. Konečným produktem je  $\text{CO}_2$  (přítomnost C) a voda (přítomnost H). Dusík přechází na elementární formu a částečně na amonné soli. Všechny tyto produkty při spalování vytěkají. Zbytek jsou minerální soli a popel.
2. Rostlinný popel nasype do kádinky, přidejte  $30 \text{ cm}^3$  destilované vody, směs mírně zahřívejte za stálého míchání tyčinkou. Nerozpuštěnou část oddělte filtrací a na filtru promyjte malým množstvím teplé destilované vody.
3. Filtrát vodného výluhu popela okyselte  $5 \text{ cm}^3 \text{ HNO}_3$ . Vývin  $\text{CO}_2$  dokazuje přítomnost uhličitánů (uhlíku). Z roztoku odeberte  $3 \text{ cm}^3$ , přidejte k nim  $\text{BaCl}_2$  – vznik bílé sraženiny je důkazem síranových iontů (síry).
4. K části okyseleného filtrátu přidejte  $0,5 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{AgNO}_3$  – bílá sraženina dokazuje přítomnost halogenidů (především chloridů).
5. K části okyseleného filtrátu přidejte  $1 \text{ cm}^3$  roztoku  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ , povařte. Žlutá sraženina (případně žlutě zbarvený roztok) dokazuje přítomnost fosforečnanových iontů (fosforu).
6. Ve zbytku okyseleného filtrátu dokažte plamenovou zkouškou přítomnost sodných a draselných iontů.
7. Zbytek na filtru pokapte roztokem  $\text{HCl}$  ( $3 \text{ cm}^3$ ), promyjte destilovanou vodou. Na filtru zůstane pouze sraženina křemičitanů, zbytek se rozpustí.
8. Do zkumavky odměřte asi  $4 \text{ cm}^3$  tohoto filtrátu a přidejte  $2 \text{ cm}^3$  roztoku octanu amonného. Povařením se vyloučí červenohnědá sraženina železité soli (roztok nad sraženinou musí být bezbarvý, jinak je třeba postup opakovat dalším přídávkem octanu amonného). Směs přefiltrujte a sraženinu na filtru rozpusťte několika kapkami roztoku  $\text{HCl}$ . Potom přidejte  $1 \text{ cm}^3$  roztoku thiokyanatanu amonného. V přítomnosti železitých iontů vzniká krvavě červené zbarvení.
9. Do další zkumavky odměřte  $2 \text{ cm}^3$  stejného filtrátu a roztokem amoniaku upravte pH na neutrální. Potom přidejte  $1 \text{ cm}^3$  roztoku kyseliny šťavelové.

**Řešení :** Jsou-li ve filtrátu přítomny vápenaté ionty, vzniká bílá sraženina. Řešení je již součástí postupu práce

**Závěr :** Uhlík, síru, halogeny, fosfor, sodík a křemík dokážeme prakticky ve všech rostlinách. Jsou to základní makrobiogenní prvky.

## 2 Důkaz vápníku 1

**Úkol :** Dokažte přítomnost vápníku jako důležitého biogenního prvku v rostlinách pomocí reakce s kyselinou sírovou.

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, 2 kádinky 50 cm<sup>3</sup>, nálevka, 2 pipety, skleněná tyčinka, chem. lžička, filtrační papír

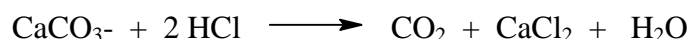
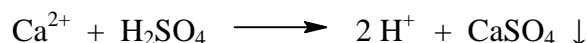
**Chemikálie:** popel z cigaret, z borového nebo smrkového dřeva, roztok HCl (w=0,05), koncentrovaná H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, destil. H<sub>2</sub>O

**Postup :** Dokonale zpopelněné části rostlin nasype do kádinky a přidávejte zředěnou HCl za stálého míchání tak dlouho, dokud obsah kádinky šumí. Potom suspenzi přefiltrujte a část odlijte do zkumavky. Zbytek filtrátu uchovejte pro další pokusy. Filtrát pro reakci musí být čirý a bezbarvý. K filtrátu pipetou přikapávejte opatrně koncentrovanou kyselinu sírovou a sledujte změny ve zkumavce.

Vysvětlete, k jaké reakci došlo a která látka se vyloučila. Objasněte, proč popel po přelití kyselinou chlorovodíkovou šumí.

**Řešení :** Po přidání kyseliny sírové k filtrátu se ve zkumavce vytvořila bílá hustá sraženina. Převážná většina vápníku (ale i jiných kationtů) je v popelu rostlin obsažena v podobě uhličitánů. Přidáním kyseliny chlorovodíkové dochází k jejich rozkladu, uvolňuje se oxid uhličitý, který uniká a šumí. V roztoku zůstává vápník v podobě CaCl<sub>2</sub>.

**Reakce :**



**Závěr :** Kyselina sírová reagovala s vápenatými kationty přítomnými ve filtrátu za tvorby málo rozpustného síranu vápenatého, který se vyloučil z roztoku jako bílá sraženina. Reakce je málo citlivá, pro větší průkaznost musíme nechat zreagovat veškerý uhličitán přítomný v rostlinném popelu.

**Poznámky pro učitele:** Doporučuji připravit popel (různé druhy pro různé úlohy) v předstihu a mít ho označený v laboratoři k okamžitému použití.



### 3 Důkaz vápníku 2

**Úkol :** Dokažte roztokem šťavelanu amonného přítomnost vápníku jako důležitého biogenního prvku v rostlinách.

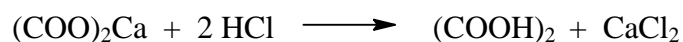
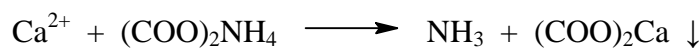
**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, 3 kádinky 50 cm<sup>3</sup>, nálevka, 2 pipety, skleněná tyčinka, chem. lžička, filtrační papír

**Chemikálie:** popel z cigaret, z borového nebo smrkového dřeva, roztok HCl (w=0,05), konc. roztok šťavelanu amonného, vodný roztok amoniaku, pH papírek

**Postup :** Použijte zbylý filtrát z minulé úlohy nebo nový výluh. Několik cm<sup>3</sup> filtrátu nalijte do zkumavky a po kapkách přidávejte zředěný roztok amoniaku, až bude mít filtrát zásaditou reakci. Potom přidejte konc. roztok šťavelanu amonného a sledujte změny ve zkumavce. Vysvětlete, proč je nutné před reakcí do filtrátu přidat roztok amoniaku.

**Řešení :** Po přidání roztoku šťavelanu amonného se ve zkumavce vyloučí bílá, částečně rosolovitá látka - málo rozpustný šťavelan vápenatý. Po přidání dalšího množství HCl se roztok vyčeří, protože se šťavelan opět rozpustí.

**Reakce :**



**Závěr :** Vzniklá sraženina šťavelanu vápenatého je rozpustná v anorganických kyselinách. Proto je nutné před reakcí filtrát zneutralizovat a převést až do zásadité reakce. Vhodný je roztok amoniaku. Reakce se šťavelanem v zásaditém prostředí je reakce citlivější než reakce s kyselinou sírovou, a proto je možné dokázat vápník i při jeho velmi nízké koncentraci.

**Poznámky pro učitele:** Využijte úlohy k připomenutí přítomnosti krystalků šťavelanu vápenatého, které jsou viditelné pod mikroskopem např. v buňkách slupky cibule – vztah k biologii.

## 4 Důkaz fosforu

**Úkol :** Dokažte přítomnost důležitého biogenního prvku fosforu v rostlinách reakcí s molybdenovou solucí.

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, 4 kádinky 50 cm<sup>3</sup>, 2 nálevky, 4 pipety, skleněná tyčinka, filtrační papír, žíhací kelímek, nůžky, zápalky, kahan se stojanem

**Chemikálie:** sušina listů jírovce, hluchavky nebo cibule, molybdenová soluce

**Postup :** Suchý rostlinný materiál dokonale zpopelněte v žíhacím kelímku, z popelu připravte výluh zředěnou kyselinou dusičnou a přefiltrujte. Několik cm<sup>3</sup> čirého a bezbarvého filtrátu odpipetujte do zkumavky a přidejte postupně asi stejné množství molybdenové soluce. Sledujte změny ve zkumavce.  
Vysvětlete, v jaké podobě se fosfor v roztoku vyskytuje, objasněte, proč musíme materiál nejprve zpopelnit a ve kterých organických látkách byl fosfor původně vázán.  
Pokud dojde po reakci molybdenové soluce s filtrátem k zahřátí roztoku a sraženina se nevysráží, ochlaďte zkumavku proudem studené vody.

**Řešení :** Reakcí filtrátu s molybdenovou solucí se v roztoku vytvoří žlutá sraženina málo rozpustného fosfomolybdenanu amonného. Při malé koncentraci fosforu dojde pouze ke žlutému zabarvení roztoku.

**Závěr :** Fosfor je v organických látkách maskován jako vázaná kyselina trihydrogenfosforečná.  
Je zabudována především v nukleových kyselinách a některých makroergických sloučeninách (např. ATP). Abychom mohli fosfor dokázat jako anorganické fosforečnanové anionty, musíme rostlinnou hmotu spálit a tím fosfor uvolnit z vazeb organických látek.

**Poznámky pro učitele:** Prodiskutujte se žáky pojem eutrofizace vod a problematiku používání pracích prášků, které obsahují fosfáty.

## 5 Důkaz draslíku

**Úkol :** Dokažte přítomnost důležitého biogenního prvku draslíku v popelu rostlinného materiálu.

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, 2 kádinky 50 cm<sup>3</sup>, nálevka, 2 pipety, skleněná tyčinka, zápalky, kahan se stojanem a síťkou

**Chemikálie:** popel z cigaret, sušiny brambor nebo mrkve, zkoumadlo na draslík, destil. H<sub>2</sub>O

**Postup :** Cigaretový popel nebo popel ze sušiny uvedených rostlin nasype do kádinky, převrstvěte asi trojnásobným množstvím destilované vody a nechte několik minut povařit. Výluh ochlaďte a ještě vlažný přefiltrujte. Získaný filtrát musí být čirý a bezbarvý. Pokud je nažloutlý nebo nahnědlý, znamená to, že rostlinné části nebyly dokonale zpopelněny a do roztoku přešly i některé látky dehtové povahy působící rušivě. Ke vzorku ve zkumavce přikapávejte pipetou zkoumadlo a sledujte změny. Zkoumadlo, které je poměrně intenzívně žluté, musí být naprosto čiré. Vysvětlete, proč při získávání výluhu z popela stačí v tomto případě provést výluh horkou destilovanou vodou bez použití kyselin.

**Řešení :** Po přidání zkoumadla, které je v podstatě roztokem rozpustného dusičnanu kobaltitosodného, se vytvoří v čiré žluté kapalině sraženina drobných krystalů sytě žluté látky - dusitanu kobaltitodraselného, který svědčí o přítomnosti volných draselných kationtů ve filtrátu.

**Závěr :** Téměř všechny sloučeniny, které mají v kationtu draslík, jsou dobře rozpustné ve vodě a zároveň všechny draselné soli jsou bezbarvé. Jednou z výjimek je dusitan kobaltitodraselný, který vznikl z dusitanu kobaltitosodného náhradou sodíku draslíkem obsaženým ve filtrátu. Proto tedy není nutné použít pro výluh kyseliny. Veškeré organické látky, které vznikly spálením rostlinných pletiv a obsahují draslík, jsou ve vodě dobře rozpustné a není nutné je převádět na rozpustné soli kyselinou dusičnou nebo chlorovodíkovou.

**Poznámky pro učitele:** Zdůrazněte důležitost draslíku pro otvírání a zavírání průduchů v pokožce rostlin – vztah k biologii.

## 6 Důkaz kationtů železnatých

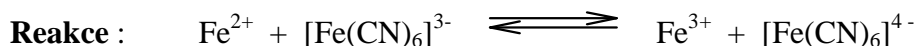
**Úkol :** Dokažte přítomnost železa jako dvojmocného kationtu v rostlinném popelu.

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, 2 kádinky 50 cm<sup>3</sup>, nálevka, 2 pipety, skleněná tyčinka, chem. lžička, filtrační papír

**Chemikálie:** popel z cigaret, z borového nebo smrkového dřeva, HCl (w=0,05), roztok hexakynoželezitanu draselného (červená krevní sůl) (w=0,05)

**Postup :** Dokonale zpopelněné části rostlin nasypete do kádinky a přidejte zředěnou HCl za stálého míchání tak dlouho, dokud obsah kádinky šumí. Potom suspenzi přefiltrujte.  
Podmínkou je, aby byly rostliny dokonale spáleny (bílý popel a bezbarvý filtrát), protože by železo zůstalo maskováno v organických sloučeninách. K filtrátu přikapávejte pipetou roztok hexakynoželezitanu draselného a sledujte změny v roztoku. Pokud by bylo zbarvení málo průkazné, zahustěte filtrát varem na třetinu nebo čtvrtinu původního objemu. Vysvětlete, která látka reakcí vzniká a objasněte, proč k popelovému výluhu použijeme kyselinu chlorovodíkovou a ne dusičnou.

**Řešení :** Původně bezbarvý filtrát se po reakci s činidlem modře zbarvil. Pokud je koncentrace železnatých kationtů větší, vytvoří se modrá sraženina.



**Závěr :** Kationty železnaté reagovaly a anionty hexakynoželezitanovými a vznikla komplexní sloučenina - Berlínská modř.  
Kyselina dusičná k vyluhování popela není v tomto případě vhodná, protože má oxidační účinky a došlo by k oxidaci většiny železnatých kationtů na železité.

**Poznámky pro učitele:** Vysvětlete, jak se liší Berlínská a Turnbullova modř- viz následující úloha č.7.

## 7 Důkaz kationtů železitých reakcí s hexakynoželeznatanem draselným

**Úkol :** Dokažte přítomnost železa jako trojmocného kationtu v rostlinném popelu.

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, 2 kádinky 50 cm<sup>3</sup>, nálevka, 2 pipety, skleněná tyčinka, chem. lžička, filtrační papír

**Chemikálie:** popel z cigaret, z borového nebo smrkového dřeva, HCl (w=0,05), roztok hexakynoželeznatanu draselného (žlutá krevní sůl) (w=0,05)

**Postup :** Dokonale zpopelněné části rostlin nasypete do kádinky a přidávejte zředěnou HCl za stálého míchání tak dlouho, dokud obsah kádinky šumí. Potom suspenzi přefiltrujte.  
Podmínkou je, aby byly rostliny dokonale spáleny (bílý popel a bezbarvý filtrát), protože by železo zůstalo maskováno v organických sloučeninách. K filtrátu přikapávejte pipetou roztok hexakynoželeznatanu draselného a sledujte změny v roztoku. Pokud by bylo zbarvení málo průkazné, zahustěte filtrát varem na třetinu nebo čtvrtinu původního objemu. Vysvětlete, která látka reakcí vzniká a objasněte, proč i v tomto případě je pro popelový výluh použita kyselina chlorovodíková.

**Řešení :** Původně bezbarvý filtrát se po reakci s činidlem modře zbarvil. Pokud je koncentrace železnatých kationtů větší, vytvoří se modrá sraženina – Turnbullova modř.



**Závěr :** Tento typ reakce je v podstatě založen na stejném principu jako důkaz železnatých kationtů. Zde jsme však použili jako indikační látku hexakynoželeznatan draselný, který při reakci se železitými kationty vytvoří opět sloučeninu charakteru berlínské modři.

I v tomto případě je nutné použít pro vyluhování popela kyselinu chlorovodíkovou, která neoxiduje přítomné dvojmocné železo. Tím je zajištěno, že dokázané železité kationty jsou primárními složkami popela rostlin.

## 8 Důkaz kationtů železitých reakcí s rhodanidem draselným

**Úkol :** Dokažte přítomnost železa jako trojmocného kationtu v rostlinném popelu.

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, 2 kádinky 50 cm<sup>3</sup>, nálevka, 2 pipety, skleněná tyčinka, chem. lžička, filtrační papír

**Chemikálie:** popel z cigaret, z borového nebo smrkového dřeva, HCl (w=0,05), roztok rhodanidu draselného (w=0,05)

**Postup :** Připravte jako v minulých úlohách výluh z popela uvedených rostlin nebo použijte zbylý výluh z předcházejících pokusů. Pipetou přidávejte roztok rhodanidu draselného a sledujte barevný průběh reakce. Vysvětlete, která látka reakcí vzniká a v literatuře se pokuste zjistit, ve kterých sloučeninách je v organismech železo obecně přítomné.

**Řešení :** Po přidání činidla se roztok ( podle koncentrace železitých kationtů) intenzívně červeně zbarvil. Při vyšší koncentraci železitých kationtů je roztok až krvavě červený. Nikdy se ale nevytvoří sraženina, protože vzniklá látka je dobře rozpustná ve vodě.

**Reakce :** 
$$\text{Fe}^{3+} + 3 \text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$$

**Závěr :** Vzniklá intenzívně červená sloučenina je rhodanid železitý. Tato reakce je velmi citlivá a lze s ní indikovat železo již při nízkých koncentracích. Železo je přítomno prakticky ve všech organismech v cytochromech, které se podílejí na dýchacích procesech v mitochondriích (oxidativní fosforylace).

## 9 Důkaz síry

**Úkol :** Dokažte přítomnost síry v rostlinné hmotě v podobě uvolněného sirovodíku.

**Pomůcky :** promývačka, skleněná trubička, kovová retorta, gumová hadička, chemický stojan, plynový kahan, chemická lžička, zápalky

**Chemikálie :** sušina rostlin (dřevěné piliny, drcené obilky, hrachová moučka), roztok octanu olovnatého ( $w=0,05$ )

**Postup :** Kovovou retortu naplňte asi do jedné třetiny rostlinným materiálem a upevněte vodorovně do chemického stojanu. Retortu spojte nakrátko pryžovou hadičkou s promývačkou naplněnou roztokem octanu tak, aby unikající plynné zplodiny probublávaly zkoumadlem. Zahřívejte kahanem a pozorujte průběh pokusu.

**Řešení :** Po několika minutách začne probublávat v roztoku plyn, který v prvních momentech nereaguje s octanem. Po chvíli se začne z roztoku vylučovat temně šedá až černá sraženina.

**Reakce :**  $S^{2-} + Pb^{2+} \rightleftharpoons PbS \downarrow$

**Závěr :** V roztoku octanu olovnatého se začne srážet černý, téměř nerozpustný sulfid olovnatý. Znamená to, že tepelným rozkladem organické hmoty se uvolňuje síra v redukovaném stavu jako sulfan, protože celý proces probíhá bez přístupu kyslíku.

**Poznámky pro učitele:** Zvláště v rostlinách čeledi bobovitých (hrách) a brukvovitých (řepka) lze dobře dokázat síru, protože tyto rostliny mají síru zabudovanou v molekulách svých charakteristických sekundárních metabolitů (bílkovin a merkaptanů).

## 10 Důkaz síry reakcí s chloridem barnatým

**Úkol :** Dokažte přítomnost síry v podobě síranů v popelu rostlin.

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, 2 kádinky 50 cm<sup>3</sup>, nálevka, pipeta, skleněná tyčinka, filtrační papír

**Chemikálie:** popel z cigaret, z borového nebo smrkového dřeva, HCl (w=0,05), roztok chloridu barnatého (w=0,05)

**Postup :** Připravte nový kyselinový výluh z popela uvedených rostlin nebo použijte zbylý výluh z předcházejících pokusů. Několik cm<sup>3</sup> filtrátu odpipetujte do zkumavky a po kapkách přidávejte roztok BaCl<sub>2</sub>. Pozorujte změny, které ve filtrátu nastanou. Najděte v literatuře, jak se podílí síra na stavbě bílkovin a pokuste se vysvětlit možnost důkazu vápníku kyselinou sírovou i síranových aniontů v jednom filtrátu.

**Řešení :** Ve zkumavce vznikla bílá sraženina síranu barnatého (důkaz síry v podobě síranových aniontů). Přítomná síra je v tomto případě v oxidovaném stavu.

**Reakce :**  $\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} \rightleftharpoons \text{BaSO}_4 \downarrow$

**Závěr :** Některé aminokyseliny, které jsou stavebními jednotkami bílkovin, obsahují kromě čtyř hlavních biogenních prvků (C, O, H, N) ještě síru. Jsou to cystin, cystein a methionin. Síran vápenatý, který vzniká při srážení vápníku kyselinou sírovou je částečně rozpustný. V roztoku tedy může existovat určitá malá koncentrace síranu vápenatého v iontové formě. Přidáme-li kyselinu sírovou, dojde k porušení chemické rovnováhy síranových aniontů a jejich nadbytek se vyloučí z roztoku v podobě sraženiny síranu vápenatého. Naproti tomu síran barnatý je téměř nerozpustný, a tak i malá koncentrace volných síranových aniontů stačí k vytvoření sraženiny s barnatými kationty vpravenými do vzorku v podobě chloridu.

**Poznámky pro učitele:** Některé skupiny žáků mohou dokazovat síru podle návodu číslo 9 a některé podle návodu č. 10 a výsledky porovnat.



## 11 Důkaz chlóru

**Úkol :** Dokažte chlór v podobě chloridových aniontů v rostlinném popelu účinkem roztoku dusičnanu stříbrného.

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, 2 kádinky 50 cm<sup>3</sup>, nálevka, pipeta, skleněná tyčinka, filtrační papír

**Chemikálie:** popel z cigaret nebo některých slanobytných rostlin, HNO<sub>3</sub> (w=0,05), roztok AgNO<sub>3</sub> (w=0,05)

**Postup :** Připravte nový kyselinový výluh z popela uvedených rostlin jako v předchozích pokusech, ale použijte HNO<sub>3</sub>. Filtrát musí být opět naprosto čistý a bezbarvý. Pokud je zahnědlý od oxidů dusíku, stačí filtrát zahřát a před reakcí opět ochladit. Několik cm<sup>3</sup> odpipetujte do zkumavky a postupně přidávejte roztok AgNO<sub>3</sub>. Sledujte průběh a výsledek reakce. Objasněte k jaké reakci došlo a která sloučenina se vytvořila. Zároveň zdůvodněte, proč musíme na výluh použít kyselinu dusičnou a pro rozpouštění dusičnanu stříbrného výhradně destilovanou vodu.

**Řešení :** Po reakci s činidlem se vytvoří ve filtrátu bílá amorfnní, někdy i rosolovitá sraženina, která účinkem světelných paprsků šedne.

**Reakce :** 
$$\text{Ag}^{2+} + \text{Cl}^{-} \rightleftharpoons \text{AgCl} \downarrow$$

**Závěr :** Chlór je v popelu přítomen výhradně v podobě chloridů. Chloridové anionty reagují se stříbrnými kationty v kyselém a neutrálním prostředí za vzniku málo rozpustného chloridu stříbrného. Chlorid stříbrný je citlivý na světlo a dochází k jeho rozkladu, při kterém se uvolňuje do roztoku kovové stříbro (fotografický proces).

K výluhu nemůžeme použít kyselinu chlorovodíkovou, protože by se s ní dostaly do vzorku chloridové anionty, které chceme dokazovat.

K rozpouštění dusičnanu stříbrného nesmí být použita např. vodovodní voda, která obsahuje jako desinfekční činidlo rozpuštěný chlór. Při jejím použití dochází ihned k vysrážení části chloridů a tím k zakalení roztoku.

## 12 Důkaz křemíku

**Úkol :** Dokažte křemík v podobě křemičitých sloučenin

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, kádinka 50 cm<sup>3</sup> a 250 cm<sup>3</sup>, nálevka, pipeta, skleněná tyčinka, filtrační papír, hodinové sklo, třecí miska s tlučkem, kahan se stojanem a sítkou, nůžky, zápalky

**Chemikálie:** sušina z přesliček nebo ostric, HCl (w=0,05), nasycený roztok Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

**Postup :** Sušinu rostlin rozstříhejte na malé kousky a rozdrťte v třecí misce. Drť naplňte kádinku o obsahu 250 cm<sup>3</sup> asi do jedné třetiny a převrstvěte 100 cm<sup>3</sup> nasyceného roztoku Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Kádinku přiklopte hodinovým sklem a obsah udržujte asi hodinu v mírném varu. Pokud se bude voda vyvařovat, přidávejte destilovanou vodu. Po varu roztok nechte zchladnout a přefiltrujte ho do druhé kádinky. Několik cm<sup>3</sup> vzorku odpipetujte do zkumavky a přidávejte zředěnou kyselinu chlorovodíkovou. Sledujte změny ve filtrátu.

Vysvětlete, proč bylo nutné vařit rostlinnou hmotu v roztoku uhličitanu sodného a objasněte, jak se uplatňují křemičité sloučeniny při zpevnování rostlinných pletiv.

**Řešení :** V roztoku se vytvoří účinkem kyseliny chlorovodíkové rosolovitá sraženina kyseliny křemičité.



**Závěr :** Křemík je přítomen v rostlinách nejčastěji v nerozpustné formě jako kyselina křemičitá. Varem s uhličitanem vzniká její rozpustná forma, křemičitan sodný, který reakcí s kyselinou chlorovodíkovou opět vysrážíme v podobě kyseliny křemičité.

Kyselina křemičitá se podílí na inkrustaci buněčných stěn a tím je dána i pevnost celých pletiv.

**Poznámky pro učitele:** Přesličku je možné uchovávat nasušenou a připravenou do zásoby. Vysvětlete žákům co je silikagel a jaké má vlastnosti. Je to vysušený gel křemičitých kyselin a pohlcuje vodní páru (až do 40% své hmotnosti). Používá se jako vysoušecí prostředek v exsikatorech. Po použití lze opět vysušit (při teplotě 200-300°C). Aby bylo možné identifikovat, zda je silikagel vysušený, bývá zbarven dusičnanem kobaltnatým, který je v bezvodém stavu modrý a v hydratované formě růžový.

## 13 Důkaz manganu

**Úkol :** Dokažte stopový prvek mangan v rostlinách na základě jeho oxidace.

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, 2 kádinky 50 cm<sup>3</sup>, nálevka, pipeta, skleněná tyčinka, filtrační papír, kahan se stojanem a sítkou, zápalky, chem. lžička, držák na zkumavky

**Chemikálie:** popel z borky borovice, HNO<sub>3</sub> (w=0,05), PbO<sub>2</sub>

**Postup :** Popel z borky připravte obdobným způsobem jako ze dřeva, převrstvěte ho zředěnou HNO<sub>3</sub> a celou směs uveďte do krátkého varu. Po zchladnutí přefiltrujte a část filtrátu nalijte do zkumavky. Přidejte chemickou lžičkou malé množství oxidu olovičitého, zkumavku upevněte do držáku a opět zahřívejte až k varu. Sledujte barevné změny, které v téměř bezbarvém filtrátu nastanou.

Vysvětlete k jakým chemickým dějům při této reakci došlo a jak se podílel na jejím průběhu oxid olovičitý.

**Řešení :** Po chvíli varu se filtrát ve zkumavce začne hnědofialově zbarvovat.

**Závěr :** Přítomný mangan je v popelovině nejčastěji v podobě kationů Mn<sup>2+</sup>. Účinkem PbO<sub>2</sub> dojde k jeho oxidaci až na sole manganicité a manganisté, které se prozradí typickým hnědofialovým zbarvením. Olovo se naopak při tomto ději redukovalo na Pb<sup>2+</sup>.

Mangan, jako stopový prvek, který je v organismech přítomen ve velmi malých koncentracích, takže jeho důkaz je problematický. Mangan se však koncentruje v některých odumřelých rostlinných pletivech, jako právě např. v borce borovice. Zde jej proto můžeme poměrně dobře dokázat.

**Poznámky pro učitele:** Mangan se hromadí také v odumřelých řasách a sinicích, které se přemnožují v létě v nádržích. Doporučuji odebrat vzorky fytoplanktonu z některé přehrady a použít na rozbor.

## 14 Důkaz bílkovin

**Úkol :** Dokažte přítomnost bílkovin v extraktu z rostlinné moučky

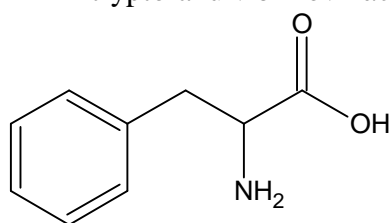
**Pomůcky :** zkumavka, 2 kádinky 50 cm<sup>3</sup>, skleněná nálevka, 2 pipety, skleněná tyčinka, chem. lžička, držák na zkumavky, kahan, filtrační papír, zápalky

**Chemikálie :** hrachová moučka nebo rozetřené bramborové hlízy, nasycený roztok (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, konc. HNO<sub>3</sub>, roztok amoniaku

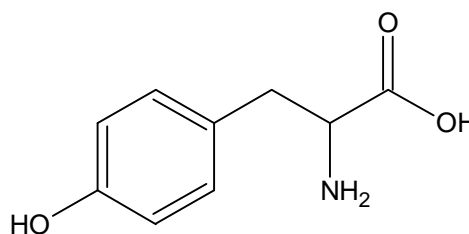
**Postup :**

1. Připravte bílkovinný extrakt tak, že rostlinnou hmotu převrstvíte nasyceným roztokem (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a za občasného míchání nechte několik hodin stát, potom suspenzi přefiltrujte a pro další práci použijte filtrát. Několik cm<sup>3</sup> filtrátu odpipetujte do zkumavky a přidejte opatrně několik kapek konc. HNO<sub>3</sub>. Potom roztok zahřejte téměř do varu a pozorujte barevné změny při reakci.
2. Jakou funkci mají v živých organismech bílkoviny?

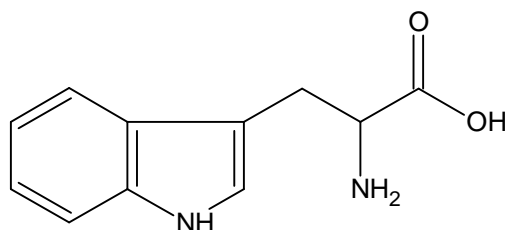
**Řešení :** Po zahřátí se filtrát ve zkumavce zbarví žlutě. Proběhne tzv. **xanthoproteinová reakce**. Po přidání několika kapek vodného roztoku amoniaku se změní barva na oranžovou. Žluté zbarvení vzniká vlivem nitrace benzenového jádra aromatických nebo heterocyklických sloučenin. U bílkovin se žluté zbarvení zintenzívňuje s počtem peptidických vazeb, protože je potom více členů s aromatickými (heterocyklickými) bočními řetězci v polypeptidu. Xantoproteinová reakce svědčí o přítomnosti tyrozínu, fenylalaninu a tryptofanu v bílkovinách.



fenylalanin



tyrozin



tryptofan

Bílkoviny jsou základní složkou živé hmoty, tvoří více než 80% organických

látek v živých tělech. Mají velmi rozmanité biologické funkce :

- stavební – tvoří buněčné struktury
- katalytickou – enzymy
- koordinační – hormony
- transformační – přeměna chem.energie na mechanickou
- ochrannou – protilátky
- pohybovou – aktin, myozin
- transportní - hemoglobin

**Závěr :** Některé aminokyseliny obsahují ve svém radikálu benzenová jádra, která snadno podlehnou nitraci a dají vznik žlutavě nebo hnědavě zbarveným nitrosloučeninám.

**Poznámky pro učitele:** Důkaz bílkovin lze provádět i s živočišnými bílkovinami, nejlépe lze použít roztok vaječného bílku. Stejnými reakcemi lze dokázat bílkoviny např. v mouce, chlebě, mléce, mase, salámu, sýru.

Důkaz bílkovin provádíme i s jinými činidly :

**Reakce biuretová:** k vodnému roztoku bílku přikápněte roztok NaOH a zředěný roztok  $\text{CuSO}_4$ . Fialové zbarvení je důkazem přítomnosti imidových skupin  $-\text{CO}-\text{NH}-$ .

**Millonova reakce:** zahříváme-li roztok bílkoviny s Millonovým činidlem, vznikne červenohnědá sraženina. Reakce probíhá jen za přítomnosti fenolických hydroxylových skupin. Proto je specifická pro tyrozin. Tato aminokyselina se vyskytuje pouze v některých bílkovinách (např. bílek). Je-li reakce negativní, znamená to, že tyrozin v bílkovině není přítomen.

## 15 Důkaz globulínů

- Úkol:** Dokažte v semenech vikvovitých rostlin bílkoviny nerozpustné ve vodě (globulíny).
- Pomůcky:** zkumavka, stojánek na zkumavky, nálevka, chem. lžička, filtrační papír
- Chemikálie:** roztok KOH ( $w=0,05$ ), kys. octová ( $w=0,05$ ), hrachová moučka
- Postup :** 1. Do zkumavky dejte trochu hrachové moučky, přilijte  $5\text{ cm}^3$  roztoku KOH a  $10\text{ cm}^3$  vody. Obsah zkumavky 5 minut důkladně protřepávejte a po krátkém ustání přefiltrujte do jiné zkumavky. Filtrát neutralizujte kyselinou octovou.  
Vzniklou sraženinu zfiltrujeme a můžeme použít na další reakce bílkovin.
- Řešení :** Po přidání kyseliny octové se po krátké době vytvoří žlutá sraženina rostlinných bílkovin. Důkaz bílkoviny je pozitivní.
- Závěr :** Globulín je nerozpustný ve vodě, rozpouští se ve zředěném KOH. Neutralizací kyselinou octovou se z roztoku vysráží, ale v nadbytku kyseliny octové se opět rozpustí. Globulín patří k zásobním bílkovinám, které se ukládají především v semenech.
- Poznámky pro učitele:** Na rozbor lze použít i některá koupená polévka v sáčku (hrachová, čočková).

## 16 Důkaz lepku

**Úkol :** Dokažte v obilkách bílkoviny rozpustné v alkoholu.

**Pomůcky :** 2 zkumavky, kahan, nálevka, filtrační papír, chem. lžička

**Chemikálie :** etanol (w=0,4), pšeničná nebo žitná mouka

**Postup :** 1. Do zkumavky nalijeme na špetku mouky 10 cm<sup>3</sup> etanolu (w=0,4) a 5 minut důkladně protřepáváme. Po dalších 5 minutách přefiltrujeme do jiné zkumavky. Filtrát zahříváme na vodní lázni tak dlouho, až se vytvoří sraženina. Sraženinu zfiltrujeme a použijeme na další reakce bílkovin.

**Řešení :** Při zahřátí alkoholového roztoku vzniká hustá bílá sraženina, která je lepkavá.  
Důkaz bílkoviny je pozitivní.

**Závěr :** Lepek (prolamin a glutelin) je ve vodě nerozpustný. Rozpouští se ve zředěném alkoholu. Z alkoholového roztoku se vysráží vařením. Lepek obsahuje velké množství kyseliny glutaminové a prolínu. Patří k zásobním bílkovinám obilí.

**Poznámky pro učitele:** Lepek můžeme získat také tím, že těsto z pšeničné, žitné nebo ječné mouky hněteme ve lněném sáčku pod vodou. Všechny jiné složky mouky se časem vyplaví a nakonec zbude v sáčku jen lepek v podobě těžné lepkavé hmoty. Mnoho lidí má na lepek alergii a nemůže jíst potraviny, ve kterých se lepek vyskytuje. Zdůraznit vztah úlohy ke zdraví člověka.

## 17 Důkaz celulózy

**Úkol :** Dokažte chemickou reakcí přítomnost celulózy ve stěnách rostlinných buněk.

**Pomůcky :** vata, pipeta, žiletka, pinzeta, krycí a podložní skla, kapátko, mikroskop, filtrační papír

**Chemikálie :** cibule, chlorzinkjód, destil. H<sub>2</sub>O

**Postup :**

1. Pokapejte chomáček vaty chlorzinkjódem a sledujte barevný efekt reakce.
2. Zhotovte vodní preparát svrchní pokožky suknice cibule a prohlédněte jej pod mikroskopem při středním zvětšení. Stěny buněčné se jeví jako temnější kontury buněk. Prosajte k pokožce zkoumadlo tak, že k jedné straně krycího skla přikápnete chlorzinkjód a současně z druhé strany odsáváte vodu filtračním papírem. Zkoumadlo tak snadno pronikne k pletivu, aniž by bylo nutné zvedat krycí sklo. Opět pozorujte a porovnejte výsledné zbarvení buněčných stěn se zbarvením vaty.
3. Které výrobky lze z celulózy připravit ?

**Řešení :** Účinkem chlorzinkjódu se vata i buněčné stěny zbarvily modrofialově. Je to důkaz toho, že oba zkoumané objekty obsahují vysoké procento celulózy.  
Buněčné stěny rostlin se skládají hlavně z celulózy.  
Z celulózy se vyrábí viskózní hedvábí, celofán, acetátové hedvábí, papír, nitráty celulózy.

**Závěr :** Vata je téměř čistý polysacharid celulóza, získávaná z chlupů osemení bavlníku. Makromolekuly celulózy jsou vláknitě uspořádány a vytvářejí pevně spojené micely, které jód, jako účinná složka zkoumadla může prostoupit pouze po jejich narušení nebo po hydrataci. Takovéto účinky má např. chlorid zinečnatý. Stejný výsledek je i po předběžném působení kyseliny sírové na celulózu.

**Poznámky pro učitele:** Pro důkaz celulózy je možné použít i dřev z slunečnice, z bezu černého, vlákna z lodyhy lnu nebo bavlny, chmýří z topolu. Jednodušší verze důkazu : Použijeme kapkovací destičku a do každé jamky dáme malé množství hmot obsahujících celulózu a pokapeme je několika kapkami roztoku chlorzinkjódu. Důkaz je možno provést i na podložním mikroskopickém sklíčku a prohlédnout pod mikroskopem.



## 18 Důkaz ligninu

**Úkol :** Dokažte chemickou reakcí lignin ve zdřevnatělých částech rostlin

**Pomůcky :** 2 pipety, žiletka, pinzeta, podložní a krycí skla, mikroskop, filtrační papír

**Chemikálie :** mladé větvičky borovice, javoru nebo lípy alkoholový roztok floroglucinolu, HCl (w=0,25)

**Postup :**

1. Důkaz ligninu lze provádět dvojitým způsobem, mikroskopicky a makroskopicky. Pro makroskopické pozorování zbavte část větvičky primární kůry a lýka a obnaženou dřevní část ponořte asi na 2 minuty roztoku floroglucinolu a pak do kyselinychlorovodíkové. Sledujte barevnou změnu, která na dřevě působením činidel nastane.
2. Zhotovte žiletkou co nejtenčí příčné nebo podélné řezy dřevem a připravte vodní preparát. Prohlédněte jej pod mikroskopem při středním zvětšení a všimněte si barvy buněčných stěn. Preparát opět otevřete, opatrně vysušte filtračním papírem a kápněte na řez roztok floroglucinolu. Po několika minutách přikápněte ještě kyselinu chlorovodíkovou, uzavřete krycím sklem a opět pozorujte (pozor, aby HCl nepřišla do styku s kovovými součástmi mikroskopu). Sledujte barevnou změnu na preparátu a porovnejte s výsledkem makroskopické reakce.
3. Vysvětlete, jak se podílí lignin na stavbě buněčných stěn.

**Řešení :** Namočená část dřeva po působení činidel jasně zčervená. Podobné zbarvení lze pozorovat i na stěnách buněk po mikroskopické reakci.

**Závěr :** Lignin impregnuje ve dřevnatých rostlinných částech buněčné celulózo-  
stěny. Dodává dřevu pevnost. Chemicky je složen z více látek, majících  
charakter aromatických sloučenin. Tyto látky dávají s floroglucinolem  
charakteristické červené zbarvení, které je však trvalé jen při účinku  
kyseliny chlorovodíkové. Po jejím vyprchání i zbarvení zmizí.

**Poznámky pro učitele:** Na důkaz ligninu je možné použít i piliny různých druhů  
dřev a pro srovnání i novinový papír.

Jednodušší verze důkazu : Do jamek kapkovací destičky dáme malé množství rostlinné  
hmoty obsahující lignin a rozcupovaný novinový papír. Pokapeme několika kapkami  
roztoku floroglucinu. Po jedné minutě přidáme několik kapek konc. HCl. Vzoroků  
s ligninem i novinovým papírem se zbarví červeně.

Lignin můžeme také dokázat roztokem rhodanidu kobaltnatého  $\text{Co}(\text{SCN})_2$ .

Rostlinné části obsahující lignin pokapeme směsí ze stejných dílů konc. roztoků  
rhodanidu draselného KSCN a chloridu kobaltnatého  $\text{CoCl}_2$ .

Těmito roztoky se dřevovina zbarví v krátké době modrozeleně.

## 19 Důkaz deoxyribonukleové kyseliny

**Úkol :** Dokažte DNA v jádrech rostlinných buněk na základě její redukční vlastnosti.

**Pomůcky :** podložní a krycí skla, mikroskop, žiletka, pinzeta, filtrační papír

**Chemikálie :** cibule, Schiffovo činidlo, destil H<sub>2</sub>O

**Postup :** 1. Připravte vodní preparát ze svrchní pokožky suknice cibule a prohlédněte jej pod mikroskopem při středním zvětšení. Identifikujte v buňkách jádra (tmavší kruhové útvary). Prosajte k preparátu Schiffovo činidlo a sledujte barevné změny v jaderné hmotě.  
2. Vysvětlete, o jaký chemický děj jde a která složka DNA se na průběhu reakce podílí.

**Řešení :** Po krátkém působení činidla se jaderná hmota v buňkách zbarví purpurově červeně. V cytologii se tato metoda nazývá reakcí Feuglenovou.

**Závěr :** Podstatou Schiffova činidla je bezbarvý roztok kyseliny fuchsinsířičité, která vznikla oxidoredukční reakcí obou složek. DNA obsahuje ve svých nukleotidech sacharid deoxyrobozu, která má po uvolnění hydrolýzou z DNA redukční vlastnosti. Jejím účinkem dochází ke zpětné redukci kyseliny fuchsinsířičité a uvolňuje se její barevná složka, purpurový fuchsin.

**Poznámky pro učitele:** Úloha je zařaditelná i do kapitoly 4.7.7 Využití mikroskopu v analytické chemii.

## 20 Důkaz provitamínu A

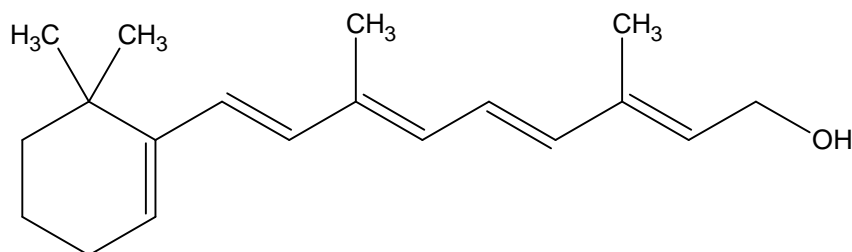
**Úkol :** Dokažte přítomnost provitamínu A v některých rostlinách na základě barevné reakce.

**Pomůcky :** kádinka 50 cm<sup>3</sup>, 2 pipety, hodinové sklo, třecí miska s tloučkem, skleněná tyčinka, zkumavka, chem.lžička

**Chemikálie :** souplodí šípkové růže, mrkev nebo slupka z rajčete, konc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, benzín

**Postup :**

1. Připravte benzínový výluh karotenoidů, které jsou svou chemickou povahou provitamínem A. Rostlinné části rozetřete v třecí misce, dejte do kádinky a převrstvěte benzínem. Směs důkladně promíchejte skleněnou tyčinkou, přiklopte hodinovým sklem a nechte ustát. Benzín se zbarví oranžově až červeně.
2. Část výluhu nalijte na hodinové sklo a několik cm<sup>3</sup> odpipetujte do zkumavky. Po odpaření benzínu kápněte na sedlinu na hodinovém skle H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a sledujte barevnou změnu. Také do zkumavky s benzínovým výluhem přidejte opatrně několik cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a porovnejte výsledek reakce.
3. Vysvětlete, jaký je vztah mezi provitamínem a vitamínem a objasněte, proč byl pro vyluhování použit benzín.



vitamin A<sub>1</sub>

**Řešení :** Účinkem konc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se karoten na hodinovém skle zbarví temně modře. Také na rozhraní benzínové a kyselinové vrstvy ve zkumavce vznikne modře zbarvený prstenec (kyselina má větší hustotu a klesne na dno zkumavky).

**Závěr :** Některé účinné látky (např. vitamíny) nezískává organismus vždy v hotové podobě, ale v podobě prekurzorů (provitamínů), které jsou teprve dodatečně metabolismem organismu přeměněny do konečné podoby. Některé vitamíny a provitamíny jsou rozpustné pouze v tucích. Patří k nim i provitamín A, který proto musíme vyluhovat benzínem.

**Poznámky pro učitele:** Vitamín A lze dokázat také Carrovou-Priceovou reakcí. Asi 2 kapky vzorku se rozpustí ve 3 cm<sup>3</sup> chloroformu a přidá se dvojnásobné množství roztoku SbCl<sub>3</sub> v chloroformu. Vznikne modré zbarvení, které však brzy vybledne. Tuto

reakci dává také rybí tuk a cholesterol. Reagencie musí být naprosto čisté.  $\text{SbCl}_3$  překrystalujeme z horkého chloroformu a musí být bezvodý. Roztok  $\text{SbCl}_3$  (asi 30%) v chloroformu připravíme čerstvý nebo jej uchováme v zabroušené tmavé nádobě. Chloroform, který použijeme k této reakci nejdříve vytřepeme destil. $\text{H}_2\text{O}$ , pak ho vysušíme pálenou potaší a predestilujeme. Uchovává se v hnědé lahvi s chloridem vápenatým. Tento způsob je zvláště pro podmínky na střední škole poněkud komplikovaný a zdlouhavý. Zdůraznit důležitost vitamínu A pro zdraví člověka.

## 21 Důkaz vitamínu C

**Úkol :** Dokažte vitamín C v rostlinách na základě některých jeho chemických vlastností.

**Pomůcky :** struhadlo, souprava na filtraci, kádinka, stojan se zkumavkami

**Chemikálie :** destil. H<sub>2</sub>O, roztok K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>], FeCl<sub>3</sub>

**Postup :**

1. Připravte vodní výluh vitamínu C tak, že rozetřete rostlinné části (nejlépe nastrohané jablko, citrón, cibule, mrkem, brambory-přibližně 5 g) s trochou destil. H<sub>2</sub>O a vzniklou suspenzi přefiltrujte několik cm<sup>3</sup> filtrátu přeneste do zkumavky a přidejte nejprve roztok hexakvanoželezitanu draselného a pak asi stejné množství roztoku chloridu železitého.
2. Pozorujte barevné změny, které ve zkumavce nastanou.
3. Vysvětlete princip dějů ve zkumavce a odvoďte i chemické vlastnosti vitamínu C.

**Reakce :**



**Řešení :** Po reakci, dokazující přítomnost vitamínu C, se roztok modrozeleně zbarví, při větší koncentraci vitamínu vznikne zelenomodrá sraženina, která časem úplně zmodrá. Látka touto reakcí vzniklá má podobný charakter jako berlínská modř.

**Závěr :** Vitamín C je chemicky kyselina askorbová, která má silné redukční účinky (silnější než monosacharidy – redukuje již za studena). Látky, které mají vitamín C dokázat, obsahují trojmocné železo. Při redukci železa jedné ze sloučenin se octnou vedle sebe v roztoku železité a železnaté kationty (část jich je ale zabudována v kyanidovém aniontu). Dochází pak k reakci při které vzniká Turnbullova modř (prakticky stejného chem. složení a barvy jako berlínská modř).

**Poznámky pro učitele:** Jiné možnosti důkazů :

1. Tillmannova reakce – kyselina askorbová redukuje modrý 2,6-dichlorfenolindofenol a tím se odbarví.
  2. Metylenová modř se při silném osvětlení vitamínem C odbarví.
  3. Kyselina askorbová redukuje I<sub>2</sub> na I<sup>-</sup>. Na čtyři hodinová skla dáme asi po 5 cm<sup>3</sup> šťávu z pomeranče, grepu, kompotu a roztoku celaskonu (1 tabletky v 50 cm<sup>3</sup> destil.H<sub>2</sub>O). Ke každému vzorku přidáme 1-2 kapky jodové tinktury.
- Zdůraznit důležitost vitamínu C pro zdraví člověka.

## 22 Důkaz vitamínu B

**Úkol :** Dokažte na základě fluorescenčních vlastností vitamín B přítomný v buňkách kvasinek.

**Pomůcky :** třecí miska s tloučkem, zkumavka, 3 pipety, zdroj UV záření (horské slunce)

**Chemikálie :** čerstvé droždí, roztok  $K_4[Fe(CN)_6]$  ( $w=0,01$ ), roztok KOH ( $w=0,3$ ), izobutanol, destil. $H_2O$

**Postup :** 1. Malé množství droždí (kvasinek) rozetřete s destil.  $H_2O$  a část suspenze přeneste do zkumavky. Suspenzi převrstvěte asi dvojnásobným množstvím  $K_4[Fe(CN)_6]$  a polovičním množstvím roztoku KOH. Tuto směs ještě zkumavce převrstvěte několika  $cm^3$  izobutanolu a důkladně protřepejte. Po ustání dejte zkumavku před zdroj UV záření a sledujte izobutanolovou vrstvu.

2. Vysvětlete, co je droždí a princip a podstatu fluorescence.

**Řešení :** Izobutanolová vrstva v UV záření světla modře fluoreskuje. Je to důkazem toho, že se do izobutanolové vrstvy protřepal rozpuštěný vitamín B (alespoň některé jeho složky).

**Závěr :** Droždí jsou lisované kvasinky rodu *Sacharomyces*, které produkují poměrně velké množství vitamínu B. Fluorescence je založená na absorpci světelného kvanta a na jeho zpětném vyzáření. Část energie se však tímto procesem degraduje, a proto je vyzáření světlo na nižší energetické hladině. Tím se mění neviditelné UV záření s vyšší energií ve viditelné modré záření s nižší energií.

**Poznámky pro učitele:** Jako kontrolní vzorek je možno použít vitamín B zakoupený v l lékárně. Zdůraznit důležitost vitamínu B pro zdraví člověka.

## 23 Důkaz vitamínu D

**Úkol :** Dokažte vitamín D zkouškou s chloridem antimonitým a anilínovým testem.

**Pomůcky :** zkumavky, stojan na zkumavky, pipety

**Chemikálie :** chloroform, rybí tuk nebo farmaceutický přípravek Infadin,  $\text{SbCl}_3$ , anilín, roztok  $\text{HCl}$  ( $c=2 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ )

**Postup :**

1. Do suché zkumavky přidejte ke  $3 \text{ cm}^3$  roztoku chloridu antimonitého v chloroformu několik kapek rybího tuku nebo farmaceutického preparátu infadinu.
2. Ve zkumavce smíchejte  $1,5 \text{ cm}^3$  anilínu s  $1,5 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{HCl}$ , přidejte několik kapek rybího tuku nebo infadinu a důkladně protřepejte.

**Řešení :**

1. Třepáním vznikne červenohnědé zbarvení, což dokazuje vitamín D.
2. Na povrch kapaliny vyplují olejovité kapky a tvoří tmavočervenou vrstvičku.

**Závěr :** Vitamín D dává s roztokem chloridu antimonitého oranžové až červenohnědé zbarvení.  
Vitamín D s anilínem v prostředí kyseliny chlorovodíkové dává červené zbarvení.

**Poznámky pro učitele:** Zdůraznit důležitost vitamínu D pro zdraví člověka.

## 24 Chromatografický rozklad chlorofylu

**Úkol :** Dokažte chromatograficky nesterodnost zeleného asimilačního barviva (vzestupnou papírovou chromatografií).

**Pomůcky :** Petriho miska, chemický stojan, chromatografický nebo filtrační papír, nůžky, třecí miska s tloučkem, chem. lžička

**Chemikálie :** listy kopřiv, břečťanu nebo pelargonie, chloroform, jemný čistý písek, benzín

**Postup :**

1. Listy rostlin rozetřete s křemitým pískem a chloroformem v třecí misce. Do tohoto surového roztoku chlorofylu namočte proužek chromatografického nebo filtračního papíru (asi 1 cm), usušte a několikrát opakujte. Potom filtrační papír ponořte zeleným koncem do benzínu, upevněte jej svisle do chemického stojanu a nechte benzín alespoň působit. Filtrační papír usušte a prohlédněte výsledek.
2. Na které složky se směs asimilačních barviv rozdělila? Vysvětlete na jakém fyzikálním principu k tomuto rozdělení došlo.

**Řešení :** Na chromatografickém nebo filtračním papíře se objevila čtyři různobarevná pásma v nesterodné výši od původního zeleného pruhu. nejbližší k původnímu pruhu je pás žlutozelený, dále následuje pruh modrozelený a poměrně značně oddělený pás žlutavý a oranžový viz. foto č. 14.



Foto 14: Papírová chromatografie břečťanových barviv



**Závěr :** Chromatografie je účinná separační metoda založená na postupném ustavování řady fázových rovnovah mezi dvě vzájemně nemísitelné fáze, které jsou relativně vůči sobě v pohybu. Při vzestupné chromatografii vzlíná směs rozpuštěných látek, které chceme rozdělit, nesterjně rychle. Chlorofyl je směsí 3 až 4 barviv, které se podílejí přímo i nepřímou na fotochemických reakcích. Protože jednotlivá barviva mají proniknou molekuly nejmenší, které mají nejmenší schopnost adsorpce - různě velké molekuly, dochází k jejich nesterjně rychlosti vzlínání. Nejvýše se dostanou žluté xanthofyly a oranžové karoteny. Níže zůstávají velké molekuly chlorofylu *a* (modrozelený pruh) a chlorofylu *b* (žlutozelený pruh), tedy látky s největší schopností adsorpce. Tak vzniká chromatogram.

**Poznámky pro učitele:** Vzhledem k dostupnosti chemikálií na gymnáziích, bezpečnosti práce a jednoduchosti provedení uvádím ještě některé další možnosti postupu.

Extrakt barviv je možné po rozetření materiálu také acetonem. Pro chromatografické rozdělení směsi barviv můžeme použít vzestupné **chromatografie na tenké vrstvě** silikagelu. Na silikagelové vrstvě (Silufol) tužkou naznačíme start asi 2 cm od okraje destičky. Při práci se nesmíme tenké vrstvy dotýkat, abychom ji neporušili nebo neznečistili. Na startovní čáru štětečkem nebo skleněnou kapilárou nanese dostatečné množství barviv v co nejtenčí vrstvě. Po zaschnutí nanese opakujeme. Necháme odpařit rozpouštědlo. Destičku s nanesenou směsí barviv postavíme do chromatografické kyvety s 50 cm<sup>3</sup> vyvíjecího činidla (benzin: izopropanol : voda 100 : 10 : 0,25). Chromatografickou kyvetu dobře uzavřeme a vyvíjecí směs necháme vzlínat tak dlouho, až dostoupí asi 1 cm od horního okraje destičky. pak chromatogram z kyvety vyndáme, usušíme a jednotlivé zóny barviv označíme a popíšeme. Postačí i krystalizační miska nebo skleněná vana s roztokem ethanolu. V každém případě je nutné nádobu zakrýt sklem, aby nedocházelo k úniku par rozpouštědla. S čelem rozpouštědla se pohybuje β-karoten, další zóna náleží feofytinu, následuje modrozelená zóna chlorofylu *a*, žlutozelená zóna chlorofylu *b* a pak několik zón karotenoidů (nejčastěji lutein, violaxantin a neoxantin). Stanovení absorpčních spekter pigmentů provedeme tak, že se jednotlivé zóny opatrně seškrábou z chromatogramu do zkumavek. Přidají se 2 cm<sup>3</sup> rozpouštědla (nejčastěji aceton, ethanol nebo éter). Po přejití barviv odstraníme zbytky silikagelu usazením nebo centrifugací. Takto získané roztoky jednotlivých barviv proměříme spektrofotometrem ve viditelné oblasti a stanovíme absorpční maxima. Získané hodnoty porovnáme s údaji v tabulkách.

Vlnová délka	oblast (barva)
320–400 nm	UV
400–425 nm	fialová
425–490 nm	modrá
490–560 nm	zelená
560–585 nm	žlutá
585–640 nm	oranžová
640–740 nm	červená
740 a více	infračerven

Můžeme ověřit schopnost extrahovaných pigmentů absorbovat světlo, přijímat elektron od donoru a předávat jej akceptoru. Charakteristickou vlastností chlorofylů je schopnost zachytit energii fotonu a uvolnit elektron. Systém, v němž můžeme pozorovat tento jev, musí obsahovat vedle chlorofylu, který uvolňuje a přijímá elektron, ještě donor a

akceptor elektronu. V našem případě donorem je kyselina askorbová, akceptorem metylčerveň, která při změně redox stavu mění barvu (v redukované formě je žlutá). Do pěti zkumavek ve stojánku napipetujeme postupně acetonový extrakt barviv ( $5\text{ cm}^3$ ,  $2,5\text{ cm}^3$ ,  $1\text{ cm}^3$ ,  $0\text{ cm}^3$ ,  $5\text{ cm}^3$ ), ve stejném pořadí aceton ( $0\text{ cm}^3$ ,  $2,5\text{ cm}^3$ ,  $4\text{ cm}^3$ ,  $5\text{ cm}^3$ ,  $0\text{ cm}^3$ ), do všech zkumavek  $1\text{ cm}^3$  metylčerveně a kyselinu askorbovou v takovém množství, aby byl roztok nasycen (na dně zkumavky bude zůstat nerozpuštěná látka). Zkumavku č.5 zatemníme alobalem (kontrolní varianta). Ostatní zkumavky vystavíme světlu lampy. Pozorujeme, za jak dlouho dojde v jednotlivých zkumavkách ke změně barvy z červenohnědé na zelenou (odbarvení metylčerveně).

Pro studenty je velmi názorná **kruhová papírová chromatografie**. Do středu kruhu filtračního papíru kápneme skleněnou kapilárou kapku vzorku. Po odpaření rozpouštědla přidáme do středu papíru ještě dvakrát vždy jednu kapku vzorku a opět necháme uschnout. Jehlou zasuneme do středu připraveného papíru bavlněný knot nebo smotek filtračního papíru ovázaný bílou nití. Knot musí přiléhat po celém obvodu papíru. Tímto kruhem přikryjeme krystalizační misku s roztokem ethanolu tak, aby knot dosahoval do rozpouštědla. Celou aparaturu přiklopíme větší miskou.

Pozorujeme pozvolný pohyb rozpouštědla a oddělování barviv na papíře. Jakmile dostoupí rozpouštědlo téměř na okraj papíru, papír vyjmeme a usušíme. Pozorujeme soustředné kruhy.ve stejném pořadí od středu jako při vzestupné chromatografii od startu.

## 25 Dělení listové zeleně adsorpční chromatografií

**Úkol :** Dokažte chromatograficky nestejnorodost zeleného asimilačního barviva.

**Pomůcky :** kónická baňka, dělicí baňka, odměrný válec, kádinka, adsorpční trubice

**Chemikálie :** listy kopřiv, břečťanu nebo pelargonie, špenátu, červeného zelí, benzín, benzen, methanol

**Postup :** 1. Několik zelených listů vložte do baňky a přelijete směsí připravenou z 15 cm<sup>3</sup> methanolu, 40 cm<sup>3</sup> benzínu a 5 cm<sup>3</sup> benzenu. Za několik hodin slijte kapalinu do dělicí nálevky a zbytek ještě propláchněte stejným množstvím rozpouštědla. Extrakty spojte a přilijte trochu vody. Benzen-benzínovou vrstvu oddělte, vysušte (nejlépe síranem sodným) a podrobte chromatografickému dělení.

2. Adsorpční trubici (průměru asi 15 mm a délky asi 250 mm) naplňte nejdříve vrstvou Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pro chromatografii (25 mm vysokou), pak vrstvou CaCO<sub>3</sub> (50 mm vysokou), sušeného při 150°C, a nakonec vrstvou mletého cukru (100 mm vysokou).

Při plnění dbejte, aby hmota nebyla nikde přerušena a tvořila pevný sloupec.

Plňte pomalu přidáváním malých množství adsorbentu a trubicí slabě poklepávejte.

3. Takto připravenou trubici prolijte nejdříve benzínem a pak za mírného odsávání vysušeným extraktem.

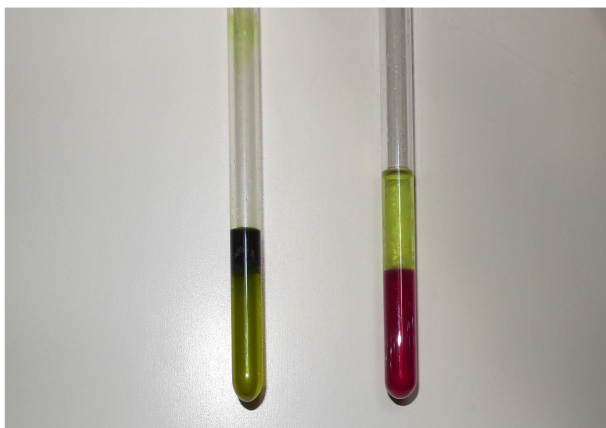
4. Chromatogram lze vyvíjet směsí benzen-benzín (1 : 4) a nakonec promýváním petrolejovým éterem.

5. Po vysušení (prosáváním CO<sub>2</sub>) sloupec vyklepte nebo vytlačte tyčinkou z trubice a každou vrstvu zvlášť vyluhujte směsí benzínu s methanolem.

**Řešení :** Ve výluhu břečťanu se v horní benzínové vrstvě se zachytí žlutozelený chlorofyl *b* a tmavozelený chlorofyl *a*. Ve spodní ethanolové vrstvě se zachytí žlutý xantofyl. Ve výluhu červeného zelí jsou opět v benzínové vrstvě chlorofyly a ve spodní ethanolové vrstvě karoteny.

V oxidu hlinitém se adsorbuje žlutočerveně zbarvený karotén.

**Závěr :** Chlorofyl je směsí 3 až 4 barviv, které se podílejí přímo i nepřímo na fotochemických reakcích. Protože jednotlivá barviva mají různě velké molekuly, dochází k jejich nestejnému vzlínání. Nejvýše proniknou molekuly nejmenší, žluté xanthofyly a oranžové karoteny. Níže zůstávají velké molekuly chlorofylu *a* (modrozelený pruh) a chlorofylu *b* (žlutozelený pruh).



Fotografie 15: 1. zkumavka – etanolový výluh z listů břečťanu  
2. zkumavka etanolový výluh z červeného zelí, oba výluhy jsou převrstvené benzínem.

**Poznámky pro učitele:** Adsorpční chromatografie je založena na různé adsorpční schopnosti aktivních látek. Necháme-li protékat malou rychlostí roztok směsi organických sloučenin sloupcem nějakého adsorbentu, látkou s velkým aktivním povrchem, např.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , v chromatografické trubici, vytvoří se ohraničená pásma jednotlivých složek směsi, které lze často již podle barvy složky identifikovat. Jsou-li složky bezbarvé, identifikují se ozářením UV světlem nebo barevnými reakcemi.

Promýváním sloupce adsorbentu vhodným polárnějším rozpouštědlem dosáhneme ostrého rozdělení pásem (vyvolání chromatogramu).

Sloupec s vyvolaným chromatogramem se vytlačí z trubice, rozřeže se podle jednotlivých pásem a každý pás se zvlášť vyluhuje.

Pokud použijeme trubici se zúženým koncem a výpustným kohoutem, sloupec stále polárnějším rozpouštědlem tak dlouho, až se jednotlivé zóny dostanou postupně do filtrátu, kde je odděleně zachytíme.

Adsorpční materiál používaný v chromatografii je zvlášť upraven, má vhodné jemné zrnění a na balení je označen. Např. použitý  $\text{Al}_2\text{O}_3$  můžeme znovu upotřebit. Nejprve jej vyvaříme několikrát ve směsi 10 dílů ethanolu a 1 díl kyseliny octové, odsajeme na Büchnerově nálevce a vysušíme v sušárně. Pak jej zahříváme asi 3 hodiny v misce na přímém plameni při teplotě asi  $400^\circ\text{C}$ . Také čerstvý  $\text{Al}_2\text{O}_3$  musíme zahříváním aktivovat.

Kromě  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , který má nejširší použití, jsou vhodnými adsorpčními činidly  $\text{CaO}$ , cukrová moučka, škrob, silikagel aj. Každá z uvedených látek má své zvláštní použití.

Adsorpční činidlo nesmí se žádnou složkou směsi reagovat a adsorbovaná látka se musí dát snadno z adsorpčního činidla vhodnými rozpouštědly vymýt.

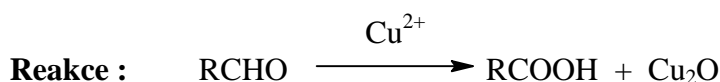
Rozpouštětela seřazená dle polárnosti : nepolární petrolejový éter, cyklohexan, sirouhlík, tetrachlormethan, trichlorethylen, benzen, chloroform, ether, etylacetát, aceton, ethanol, methanol. Každá následující sloučenina je polárnější.

Pro jednodušší provedení pro mladší studenty můžeme použít pouze etanolový výluh barviv, trubici menší (10 mm průměr a 200 mm délka), trubici uzavřeme pryžovou zátkou s krátkou trubičkou, kterou také zazátkujeme. Do trubice těsně nad zátku dáme smotek vaty, na něj filtrační papír stejného průměru jako má trubice a trubici upevníme ve svislé poloze do držáku chemického stojanu. Do takto připravené trubice nalijeme asi 50 mm vysoký sloupec roztoku ethanolu. Pozvolna do trubice nasypeme 30 g  $\text{Al}_2\text{O}_3$  předem promíseného s  $2\text{ cm}^3$  destil.  $\text{H}_2\text{O}$ . Během plnění trubicí zvolna poklepáváme, aby se v ní vytvořila souvislá vrstva  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , vysoká asi 50 mm.

V připravené aparatuře vyjmeme zátku z malé trubičky a vytékající roztok ethanolu jímáme do spodní nádoby. Jakmile zůstává nad sloupcem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  již jen malá vrstva roztoku, přilijeme nad tuto vrstvu asi  $5 \text{ cm}^3$  vzorku. Jakmile vzorek vytváří nad sloupcem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  již jen 2-3 mm vysokou vrstvu, přilijeme opatrně nad sloupec ještě  $10 \text{ cm}^3$  roztoku ethanolu. Sledujeme, zda při průchodu vzorku sloupcem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dochází k oddělování jeho jednotlivých složek. Zároveň sledujeme i případné změny zabarvení roztoku, který již sloupcem prošel a vytéká z trubice.

## 26 Důkaz redukujících monosacharidů

- Úkol :** Dokažte přítomnost redukujících monosacharidů v některých rostlinách.
- Pomůcky :** zkumavky, 2 pipety, skleněná nálevka, třecí miska s tloučkem, držák na zkumavku, filtrační papír, zápalky, kahan
- Chemikálie :** jablko, mrkev, cibule, pomeranč, Fehlingův roztok, destil. H<sub>2</sub>O, glukóza, fruktóza
- Postup :**
1. Dužninu ovoce a plodin rozmělněte s destil. H<sub>2</sub>O a vzniklou suspenzi zfiltrujte.
  2. Několik cm<sup>3</sup> filtrátů odpipetujte do zkumavek a převrstvěte stejným množstvím Fehlingova roztoku.
  3. Upevněte zkumavku do držáku a zahřívejte do krátkého varu. Udržujte v mírném varu tak dlouho, až začnou v roztoku probíhat viditelné změny.
  4. Postupně proveďte se všemi vzorky .
  5. Jako kontrolní vzorky použijte roztoky glukózy a fruktózy.
  6. Vysvětlete, jak se na těchto dějích podílejí sacharidy a které chemické děje při reakcích probíhají.



**Řešení :** Po chvíli varu se začne ve vzorku vylučovat červenorezavá sraženina.

**Závěr :** Monosacharidy mají redukční účinky, spočívající ve vlastnostech svých karbonylových skupin. Proto jsou měďnaté kationty nejprve redukovány na měďné (vylučuje se rezavě červená sraženina Cu<sub>2</sub>O) a v dalším stupni až na měď.

Intenzita zabarvení závisí na různé koncentraci sacharidů. Ve vzorcích je také kromě sacharidů i značné množství vitamínu C, které se na redukcí také podílí.

Výsledek důkazu je tedy mírně ovlivněn nejen koncentrací monosacharidů, ale koncentrací kyseliny askorbové.

**Poznámka :** Důkaz redukujících monosacharidů lze stejným způsobem provést i jinými činidly, např. Nylanderovým činidlem (ve filtrátu se vysráží červená sraženina kovového bizmutu) nebo Tollensovým činidlem (na zkumavce se redukuje stříbrné zrcátko). Zkumavky z bezpečnostních důvodů není nutné zahřívat k varu pouze nad kahanem, ale je možno zahřívat je asi 3 minuty ve vroucí vodní lázni.

## 27 Důkaz sacharidů

**Úkol :** Dokažte přítomnost sacharidů v některých rostlinách.

**Pomůcky :** zkumavky, pipety nebo odměrné zkumavky, byreta, kahan, stojan, svorka, varný kruh, síťka, kádinka

**Chemikálie :** Molischovo činidlo, roztok thymolu v ethanolu ( $w=0,05$ ),  $H_2SO_4$  ( $w=0,98$ ),  $HCl$  ( $w=0,36$ ) roztok D-glukózy ( $w=0,01$ ), sacharózy, škrobového mazu, celulóza (kousky filtračního papíru)

**Postup :**

1. Reakce Molischova: připravte čtyři zkumavky se vzorky sacharidů po  $3\text{ cm}^3$  roztoku glukózy, sacharózy, škrobového mazu a celulózu (kousky filtračního papíru). Ke každému vzorku přidejte Molischovo činidlo a směs opatrně podvrstvěte koncentrovanou  $H_2SO_4$  z byrety ( $2\text{ cm}^3$ ).
2. Reakce thymolová: Připravte si tytéž vzorky sacharidů jako u prvního pokusu. Přidejte ke každému vzorku 3 kapky ethanolového roztoku thymolu a  $10\text{ cm}^3$   $HCl$ . Vzorky zahřívejte 5 minut ve vroucí vodní lázni.

**Řešení :** Molischova reakce: Na rozhraní vrstev se vytvoří fialový proužek.  
Thymolová reakce: Objeví se karmínově červené zbarvení.

**Závěr :** Sacharidy vznikají v rostlinách při fotosyntéze, pro rostliny (i heterotrofní organismy) jsou zdrojem energie.

**Poznámky pro učitele:** Efektní reakce, ale vzhledem k použití kyselin a zahřívání ethanolového roztoku doporučuji provádět jako demonstrační pokus.

## 28 Rozlišení monosacharidů a disacharidů od polysacharidů

**Úkol :** Nitrochromovou reakcí rozlište monosacharidy a disacharidy od polysacharidů.

**Pomůcky :** 3 zkumavky, stojan na zkumavky, skleněné tyčinky

**Chemikálie :** D-glukóza, sacharóza, škrobový maz,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$

**Postup :**

1. Připravte 3 zkumavky s  $2\text{ cm}^3$  vzorků sacharidů – roztokem D-glukózy, roztokem sacharózy a škrobovým mazem.
2. Ke každému vzorku opatrně přidejte  $3\text{ cm}^3$   $\text{HNO}_3$  a 5 kapek roztoku  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ .

**Závěr :** Pouze u D-glukózy a sacharózy se objevilo modré zbarvení, což je důkaz monosacharidů a disacharidů. Polysacharid škrob dává negativní reakci.

**Poznámky pro učitele:** Časově nenáročná úloha, doporučuji doplnit pokusem číslo 31 Důkaz škrobu.



## 29 Rozlišení D-fruktózy a D-glukózy

**Úkol :** Rozlište od sebe D-fruktózu a D-glukózu.

**Pomůcky :** 3 zkumavky, vodní lázeň, kahan, stopky, 2 porcelánové misky, pipety, skleněné tyčinky

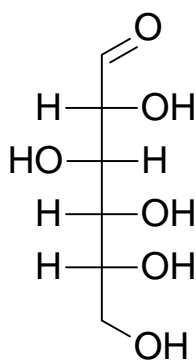
**Chemikálie :** D-glukóza, D-fruktóza, sacharóza, HCl, Selivanovo činidlo, močovina

**Postup :**

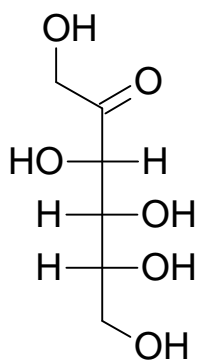
- Do třech zkumavek dejte po 1 cm<sup>3</sup> vzorků – roztok D-glukózy, roztok D-fruktózy a sacharózy.  
Do roztoku sacharózy přidejte 0,5 cm<sup>3</sup> HCl.  
Do všech vzorků přidejte 4 cm<sup>3</sup> Selivanova činidla.  
Zkumavky zahřívejte ve vroucí vodní lázni a měřte čas, za který se jednotlivé reakční směsi zbarví červeně.
- Do každé ze dvou porcelánových misek odvažte 0,5 g močoviny a přidejte 6 kapek HCl.  
Do první misky přidejte 2 kapky roztoku D-glukózy a do druhé 2 kapky roztoku D-fruktózy.  
Reakční směsi promíchejte, aby se močovina rozpustila a zahřívejte je 15 minut na vroucí vodní lázni.

**Řešení :**

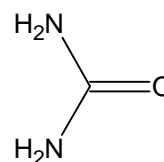
- Nejrychleji reaguje se Selivanovým činidlem D-fruktóza, potom sacharóza a nejpomaleji D-glukóza. Pokus trvá 10 minut.
- Reakční směs močoviny s D-glukózou se zbarvila červeně a s D-fruktózou zelenomodře.



D-glukóza



D-fruktóza



močovina

**Závěr :** D-glukóza i D-fruktóza jsou monosacharidy se šesti uhlíky, D-glukóza je aldóza a D-fruktóza je ketóza.  
Reakcí a močovinou vznikají jejich aminoderiváty – aminocukry, ve kterých je jedna funkční skupina nahrazena aminoskupinou a vzniká D-glukosamin a D-fruktosamin.

**Poznámky pro učitele:** Doporučuji provádět v chemickém semináři, až když mají žáci vyšších ročníků znalosti o struktuře sacharidů.

### 30 Některé analytické reakce sacharidů

**Úkol :** Vyzkoušejte některé další reakce sacharidů, důkaz pentóz a ketóz.

**Pomůcky :** kádinky, Erlenmeyerovy baňky, stojan s kruhem, síťka, vodní lázeň, stojan zkumavkami, špachtle

**Chemikálie :** 5-methylresorcinol, HCl ( $w=0,25$ ), FeCl<sub>3</sub>, roztok ribózy ( $w=0,01$ ), amylalkohol, fruktóza, roztok difenylaminu ( $w=0,02$ ), konc. HCl, roztok chlorovodíku v ethanolu, rezorcinol

**Postup :**

1. Důkaz pentóz  
Připravte roztok 0,25 g resorcinu (5-methylresorcinol) ve 125 cm<sup>3</sup> HCl ( $w=0,25$ ) a přidejte několik kapek vodného roztoku FeCl<sub>3</sub>. K 1 cm<sup>3</sup> roztoku vzorku roztok ribózy ( $w=0,01$ ) přidejte dvojnásobný objem činidla a povařte asi 2 minuty. Vznikne modrozelené barvivo, které lze vytřepat do amylalkoholu.
2. Důkaz ketóz difenylaminem  
K několika mg fruktózy přidejte 2 cm<sup>3</sup> roztoku difenylaminu ( $w=0,02$ ) a 2 cm<sup>3</sup> konc. HCl a směs zahřejte na vodní lázni.
3. Důkaz ketóz rezorcinolem  
Do zkumavky s malým množstvím fruktózy přidejte 3 cm<sup>3</sup> nasyceného roztoku chlorovodíku v ethanolu a na špičku špachtle rezorcinolu.

**Řešení :**

1. Aldózy a ketózy dávají hnědé zbarvení.
2. Vzniklo modrofialové zbarvení.
3. V přítomnosti ketózy vznikne do 3 minut třešňově červené zbarvení.

**Závěr :** Pentózy jsou součástí nukleotidů, např. ribóza, deoxyribóza. Jsou tedy přítomné nukleových kyselinách.  
Rozlišení aldóz a ketóz je důležité pro jejich další požadované reakce.

**Poznámky pro učitele:** Doporučuji provádět v chemickém semináři, až když mají žáci ve vyšších ročnících znalosti o struktuře sacharidů.

## 31 Důkaz škrobu

**Úkol :** Dokažte škrob jako zásobní látku v některých rostlinných orgánech.

**Pomůcky :** pipeta, třecí miska s tloučkem, podložní a krycí skla, kapátko, mikroskop, nůž, filtrační papír, zkumavky, držák na zkumavky, kahan, stojan s příslušenstvím, odměrná zkumavka, kádinka, struhadlo, nálevka, filtrační kruh, síťka, varný kruh

**Chemikálie :** semena hrachu, fazolu, bramborové hlízy nebo obilky, Lugolův roztok, destil. H<sub>2</sub>O

**Postup :**

1. Proved'te nejprve důkaz škrobu makroskopicky a to tak, že na řeznou plochu bramborové hlízy, rozpůleného semene nebo obilky kápnete kapku Lugolova roztoku. Pozorujte barevnou změnu.
2. Rozdrťte obilky nebo kousek semene v třecí misce na jemnou moučku, zřed'te vodou a kapku řídké suspenze přeneste na podložní sklo. Po uzavření krycím sklem pozorujte při středním zvětšení pod mikroskopem. Pokud použijete bramborovou hlízu, stačí vymáčknout kapku tekutiny přímo na podložní sklo. Pozorujte v mikroskopu bezbarvé světlolomné částice a prosajte k preparátu trochu Lugolova roztoku. Pozorujte opět barevnou změnu těchto částic a porovnejte s makroskopickým důkazem.
3. Kousek očištěné bramborové hlízy nastrouhejte, dejte do kádinky přidejte 50 cm<sup>3</sup> vody, promíchejte, přefiltrujte přes gázu, nechte ustát, vrchní vodní vrstvu slijte. Spodní škrobovou suspenzi promyjte několikrát vodou a povařte. Vznikne škrobový maz. Do zkumavky odměřte 2 cm<sup>3</sup> vychladlého škrobového mazu a přidejte kapku roztoku jodu. Objeví se typické modré zbarvení. Směs zahřívejte k varu tak dlouho, dokud se neodbarví.

**Řešení :**

4. Co víte o složení škrobu a vlastnostech a struktuře jeho složek?  
Řezná plocha rostlinných částí se zbarví temně modře podobně jako jednotlivá škrobová zrnka pozorovaná mikroskopem.  
Škrob se skládá z amylosy a amylopektinu. Amylosa poskytuje s jodem intenzivně modré zbarvení. Podstata reakce spočívá v tom, že molekuly jodu se dostávají do vnitřní dutiny šroubovice amylosy a vzniklý útvar absorbuje světelné záření. Povařením dochází ke změně konformace amylosy – roztok se odbarvuje.  
Škrob je tvořen asi z 20% amylosou a 80% amylopektinem. Amylosa je tvořena α-D-glukopyranosou, její molekula je lineární, stočená do spirály. Amylopektin v horké vodě tvoří škrobový maz, jeho molekuly jsou rozvětvené. Připojení hlavního a vedlejšího řetězce se uskutečňuje glykosidickou vazbou.

**Závěr :** Rostlinné orgány obsahují ve svých pletivech jako zásobní látku nejčastěji škrob. Ten se jeví v zorném poli mikroskopu jako silně světlolomné částice, charakteristické svým tvarem pro každý rostlinný druh. Účinkem jodového činidla dojde k vyloučení jodu mezi škrobovými micelami, což se projeví charakteristickým zbarvením.

Podobně lze dokázat i celulózu, ale po předběžném působení jiného činidla.

**Poznámky pro učitele:** Jednoduchý pokus použitelný i pro žáky kvarty.

## 32 Důkaz tuků

**Úkol :** Dokažte přítomnost tuků jako zásobních látek v semenech některých rostlin.

**Pomůcky :** 2 Petriho misky, filtrační papír, nůžky, pinzeta

**Chemikálie :** semena hořčice, řepky, slunečnice nebo tykve, roztok Sudanu III, alkohol ( $w=0,96$ ), olivový olej

**Postup :**

1. Čtvereček filtračního papíru přehněte, uložte mezi něj jedno nebo dvě semena (zbavená osemení) a tlakem je rozmáčkněte. Zbytek semen odstraňte a prohlédněte vzniklou skvrnu proti světlu.
2. Na Petriho misku nalejte trochu činidla Sudan III a celý papírek se skvrnou do něho ponořte. Asi po dvouminutovém působení papírek okapejte, opláchněte pod tekoucí vodou a vložte opět asi na 2 minuty do druhé Petriho misky s alkoholem. Filtrační papírek opláchněte pod tekoucí vodou a prohlédněte.
3. Vysvětlete průběh pokusu a princip účinku Sudanu III.
4. Do zkumavky nalijte  $10\text{ cm}^3$  destil.  $\text{H}_2\text{O}$  a přidejte 10 kapek roztoku Sudanu III. Několikrát protřepejte. Přidejte 20 kapek olivového oleje. Zkumavku uzavřete zátkou, několikrát obraťte a postavte do stojanu na zkumavky. Za několik minut se olej usadí nahoře ve zkumavce a je zbarven červeně.
5. Z plodů slunečnice odloupněte tvrdé oplodí a z vnitřku nažky udělejte příčný tenký řez. Položte ho do kapky Sudanu III na podložní sklíčko a přikryjte krycím sklíčkem. Pozorujte pod mikroskopem při větším zvětšení.

**Řešení :** Po rozdrcení semen se na filtračním papíře objevila průsvitná skvrna. Účinkem Sudanu III se tuk obarvil a na filtračním papíře zůstala červená skvrna. Pod mikroskopem pozorujeme protáhlé buňky přeplněné tukovými kapénkami, které jsou Sudanem III obarveny cihlově červeně.

**Závěr :** Sudan III je organické barvivo poměrně dobře rozpustné v alkoholu, ale mnohem lépe rozpustné v tucích. Při namočení papírku s mastnou skvrnou do jeho roztoku se část barviva rozpustí v tuku. Alkohol, který tuk nerozpouští, odplaví přebytečné barvivo z okolí mastné skvrny na filtračním papíře. Obarvené zůstane tedy jen místo, které obsahuje látky tukové povahy.

**Poznámky pro učitele:** Velmi jednoduchý pokus použitelný i pro žáky kvarty.

### 33 Důkaz silic

**Úkol :** Dokažte přítomnost silic v pletivech některých rostlin.

**Pomůcky :** zkumavka, kádinka 500 cm<sup>3</sup>, skleněný chladič, varná baňka, pipeta, nůž, kahan, chem. stojan, zápalky

**Chemikálie :** pomerančová, citronová kůra, jehlice borovic, kmín nebo jiný aromatický rostlinný materiál, Sudan III, destilovaná voda, led

**Postup :**

1. Rostlinnou hmotu nejprve, pokud je třeba, nařežte nožem na drobné kousky, nasypete do varné baňky, přidejte destil. H<sub>2</sub>O a připojte chladič.
2. Směs destilujte nad mírným plamenem a vzniklý destilát zachytávejte na dno zkumavky chlazené ledem.
3. Nadeštilujte asi třetinu zkumavky a vzniklý destilát prohlédněte. Přidejte k němu roztok Sudanu III, protřepejte a nechte ustálit a pozorujte výsledek.
4. Vysvětlete, proč bylo nutné zkumavku chladit a vyvoďte z toho, kterými hlavními vlastnostmi se liší silice od tuků.

**Řešení :** Po skončení destilace jsou patrné ve zkumavce dvě vrstvy nemísitelných kapalin, z nichž lehčí frakce vydává charakteristickou vůni. Po přidání činidla a po protřepání se obě kapaliny rozvrství a veškeré barvivo se protřepe do vrchní lehčí frakce obsahující silice.

**Závěr :** Silice mají některé podobné vlastnosti jako tuky, např. dobře rozpouštějí organická barviva (Sudan III). Svou vysokou těkavostí (proto je nutné zkumavku s destilátem chladit) se však liší od tuků, které jsou prakticky nevysychavé.

**Poznámky pro učitele:** Lze použít i nasušený materiál do zásoby, i když po několika měsících obsah látek klesá.

## 34 Důkaz zásobních látek tukového charakteru

**Úkol :** Dokažte některé látky tukové povahy přímo v buňkách živých organismů.

**Pomůcky :** kádinka 50 cm<sup>3</sup>, 2 pipety, chem. lžička, podložní a krycí sklo, mikroskop, filtrační papír

**Chemikálie :** čerstvé droždí, roztok Sudanu III, voda, cukr

**Postup :**

1. V kádince rozpustíte ve vlažné vodě (asi 30°C) půl kostky cukru a přidejte stejné množství kvasinek. Směs dobře rozmíchejte a nechte asi půl hodiny stát.
2. Kapku suspenze přeneste na podložní sklíčko a pozorujte mikroskopem při větším zvětšení.  
Po prohlédnutí prosajte k preparátu roztok Sudanu III, nechte asi 2 minuty působit a opět pozorujte jednotlivé kvasinky.
3. Vysvětlete, proč je výhodné nechat nejprve kvasinky v cukerném roztoku .  
Která sloučenina tukové povahy je obsažena jako zásobní látka v kvasinkách ?

**Řešení :** V mikroskopu se jeví kvasinky jako jednotlivé nebo v řetězce spojené kulovité útvary. Jejich vnitřní strukturu nelze rozlišit. Teprve po přidání činidla se po krátkém působení objeví v buňkách kvasinek červeně zbarvené nepravidelné útvary.

**Závěr :** Kvasinky si vytvářejí dva typy zásobních látek, a to polysacharid glykogen a kyselinu poly- $\beta$ -hydroxymáselnou, která má některé fyzikální vlastnosti tuků.  
Aby bylo těchto zásobních látek co nejvíce, je výhodné dát kvasinky předem do cukerného roztoku. Cukr slouží pro tyto organismy jako substrát a je metabolizován na zásobní látky.

**Poznámky pro učitele:** Pokus lze zařadit i do kapitoly 4.7.7 Využití mikroskopu v analytické chemii.

#### **4.7.4 Uplatnění chemické analýzy v zemědělství**

- 1 Rozbor půd**
- 2 Stanovení uhličitanu vápenatého ve vzorku horniny zpětnou titrací**
- 3 Rozbor umělých hnojiv**

# 1 Rozbor půd

**Úkol :** V půdním vzorku dokažte některé ionty důležité pro určení kvality půdy a zjistěte reakci půdy.

**Pomůcky :** kádinky, skleněná tyčinka, Erlenmeyerova baňka, zkumavky, stojánek na zkumavky, nálevka, filtrační papír, kahan, hodinové sklíčko, pipeta

**Chemikálie :** pH papírek, HCl (w=0,05), BaCl<sub>2</sub> (w=0,1), HNO<sub>3</sub> (w=0,05), roztok AgNO<sub>3</sub> (w=0,01), K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] (w=0,01)

**Postup :** 1. **Reakce půdy**

V kádince připravte suspenzi půdního vzorku v 50 cm<sup>3</sup> destil. H<sub>2</sub>O a důkladně promíchejte. Po usazení půdních částic zkoušejte vodu z půdního výluhu univerzálním indikátorovým papírkem. Po uschnutí porovnáme barvu papírku se stupnicí pH.

2. **Obsah síry**

Suspenzi z minulého pokusu zfiltrujte. Asi 10 cm<sup>3</sup> filtrátu odlijte do zkumavky, okyselte 1 cm<sup>3</sup> zředěné HCl a přidejte 1 cm<sup>3</sup> BaCl<sub>2</sub>.

3. **Obsah chloridů**

Asi 10 cm<sup>3</sup> zfiltrované suspenze odlijte do zkumavky, okyselte 1 cm<sup>3</sup> zředěné HNO<sub>3</sub> a přidejte 1 cm<sup>3</sup> AgNO<sub>3</sub>.

4. **Obsah železnatých iontů**

Asi 10 cm<sup>3</sup> zfiltrované suspenze odlijte do zkumavky, okyselte 1 cm<sup>3</sup> zředěné HCl a přidejte 1 cm<sup>3</sup> roztoku K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>].

5. **Obsah sodíku**

Sodík dokažte plamenovou zkouškou z výluhu.

6. **Obsah vápníku**

Na hodinové sklíčko nasypete plnou chem. lžičku půdního vzorku. Pipetou nakapte na vzorek několik cm<sup>3</sup> zředěné HCl.

7. **Dusičnany v půdě**

Do zkumavky nasypete 2 cm silnou vrstvu vzorku půdy z lokality hnojené průmyslovými hnojivy. Do zkumavky nalijte destilovanou vodu, zazátkujte a 8 až 10 minut intenzívně protřepávejte. Vodný extrakt přefiltrujte přes filtrační papír. V případě zakaleného filtrátu filtrování zopakujte. Extrakt použijte na důkaz dusičnanů.

Do vodného půdního extraktu přidejte koncentrovaný roztok FeSO<sub>4</sub> a konc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Při reakci se uvolňuje NO, který se váže na FeSO<sub>4</sub>, což se projeví na rozhraní vznikem hnědého až hnědočerveného prstence FeSO<sub>4</sub>·2 NO.

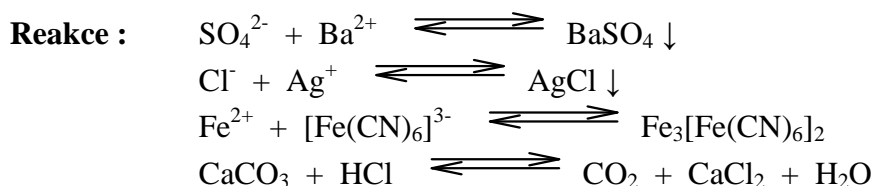
Při difenylaminové reakci do 2 cm<sup>3</sup> vodného půdního extraktu přidejte 2 cm<sup>3</sup> difenylaminového činidla. Půdní extrakt obsahující dusičnany vlivem H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> uvolňuje HNO<sub>3</sub>. Ta oxiduje bezbarvý difenylamin na



difenylbenzidín modré barvy. Nevýhodou této reakce je, že není specifická.

### 8. Obsah uhličitanu vápenatého v půdě

Obsah  $\text{CaCO}_3$  v půdě je možné stanovit gravimetricky. Do kádinky navažte přesně 10g zkoumané půdy a nalijte  $20 \text{ cm}^3$   $\text{HCl}$  ( $w=0,1$ ). Po uplynutí 15 minut, kdy už vzorek nešumí, zjistěte úbytek hmotnosti. Od součtu hmotnosti kádinky, půdy a  $20 \text{ cm}^3$   $\text{HCl}$  před reakcí odečtěte hmotnost této soustavy po působení  $\text{HCl}$ . Dostanete úbytek hmotnosti způsobený unikajícím  $\text{CO}_2$ .



**Řešení :** 1. Podle hodnoty pH rozeznáváme půdy :

do 4	velmi kyselá
4,1-4,5	silně kyselá
4,65-5,2	kyselá
5,3-6,4	slabě kyselá
6,5-7,5	neutrální
přes 7,5	zásaditá

2. Po přidání roztoku  $\text{BaCl}_2$  se v půdním výluhu vytvořila nerozpustná sraženina síranu barnatého, což je důkaz síry ve vzorku.

3. Po přidání roztoku  $\text{AgNO}_3$  se v půdním výluhu vytvoří bílá sraženina  $\text{AgCl}$ , což je důkaz chloridů ve vzorku. Silná vrstva tvarohovité sraženiny dokazuje velké množství chloridů v půdě.

4. Po přidání  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  se půdní výluh zbarví tmavomodře. Vznikne Berlínská modř, což je důkaz železnatých kationtů ve vzorku.

5. Žluté zbarvení plamene je důkaz sodíku. Je-li plamen zbarven cihlově červeně (působením vápníku), neobsahuje půda žádné rozpustné soli sodíku.

6. Silnější kys. chlorovodíková vytěšňuje slabší kys. uhličitou z její soli. Oxid uhličitý uniká v plynné podobě a šumí. Obsah vápna v půdě :

pod 1%	žádné šumění
1 – 2%	slabé šumění
3 – 4%	silné krátce trvající šumění
přes 5%	silné dlouhotrvající šumění

8. Například pokud je úbytek hmotnosti 0,53 g. Obsah uhličitanu vápenatého bude

$$x(\text{CaCO}_3) = \frac{100,0,53}{44} = 1,2 \text{ g}$$

**Závěr :** 1. Požadavky kulturních rostlin na reakci půdy jsou různé. Některé snášejí nižší hodnoty pH. Většinu rostlin se však daří jen tehdy, pohybuje-li se hodnota pH kolem neutrálního bodu. Na růst rostlin nepůsobí koncentrace vodíkových iontů sama o sobě, ale i druhotné podmínky, které způsobuje, jako je hromadění těžkých kovů v kyselých půdách, nedostatek živin. Kyselé půdy musí být většinou pomalu neutralizovány vápněním.

2. Podle množství sraženiny  $\text{BaSO}_4$  můžeme usuzovat na množství síranů v půdě. Obsahuje-li půda mnoho síranů, je třeba ji neutralizovat přidáním vápna.
4. Sloučeniny dvojmocného železa se vyskytují v půdách těžkých, neprovzdušněných a zavlhčených. Působí na růst škodlivě, musí být převedeny na sloučeniny trojmocné, které vývoji rostlin neškodí.
5. Přehnojením draselnými solemi obsahujícími také sodík nebo přehnojením odpadovými vodami se může množství sodíku v půdě příliš zvýšit. Silná koncentrace sodíku působí rušivě na drobtovitou strukturu.
6. Podle síly šumění  $\text{CO}_2$  můžeme zhruba určit množství vápna v půdě. Při nedostatku je šumění slabé nebo vůbec nenastane. V tom případě je nutné půdu vápnit.

**Poznámky pro učitele:** Přesná znalost složení ornice a její vlastnosti jsou nejdůležitější předpoklady pro zpracování půdy a účelné hnojení, jimiž se ornice zlepšuje. Abychom při výzkumu půdy dospěli ke správným výsledkům, je nutné odebrat průměrný půdní vzorek získaný promíšením asi dvaceti dílčích vzorků, které odebereme z míst stejnoměrně rozložených na ploše pozemku. Vzorky ornice se odebírají na povrchu. Chceme-li prozkoumat též spodní vrstvy, musíme udělat půdní profil a vzorky odebrat z jednotlivých horizontů odděleně.

Kromě chemického rozboru se prosíváním zjišťuje jemnozrnnost, vyplavováním podíl vyplavitelných částic. Důležité je i určování nerostů v půdě, propustnost půdy pro vodu, vodní jímavost, vzlínavost, obsah a forma humusu a drobtovitost. Zemědělci rozeznávají různé druhy hmatem. Protože ve vodných půdních suspenzích mohou být zjištěny pouze volné vodíkové ionty, provádíme v praxi měření hodnoty pH většinou po protřepání půdního vzorku v roztoku  $\text{KCl}$  ( $c=0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ). Při tomto postupu měříme i vodíkové ionty adsorbované půdními koloidy, takže zjištěné hodnoty pH mohou být nižší. Zdůraznit vztah úlohy ke geologii.

## 2 Stanovení uhličitanu vápenatého ve vzorku horniny zpětnou titrací

- Úkol :** Stanovte ve vzorku horniny uhličitan vápenatý zpětnou titrací.
- Pomůcky :** váhy, chem. lžička, hodinové sklo, nálevka, souprava na titraci, síťka, trojnožka, kahan
- Chemikálie :** vzorek horniny s uhličitanem vápenatým, HCl ( $c=1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), NaOH ( $c=1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), methylooranž
- Postup :** 1. Odvažte mletý vzorek horniny o hmotnosti přesně 0,5 g, nasypete jej do kádinky a přidejte 16 cm<sup>3</sup> roztoku HCl. Kádinku přikryjte hodinovým sklem a zahřívejte na síťce malým plamenem, dokud unikají bublinky plynu. Roztok se nesmí vařit. Po ochlazení roztoku přidejte několik kapek roztoku methylooranže a roztok titrujte roztokem NaOH do barevné změny indikátoru.
- Reakce :**
- $$\begin{array}{l} \text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} \longrightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \\ \text{HCl} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \end{array}$$
- Řešení :** Reakcí CaCO<sub>3</sub> obsaženého ve vzorku horniny s kyselinou chlorovodíkovou se spotřeboval určitý objem HCl. Při titraci reagovala s NaOH kyselina chlorovodíková, která nezreagovala s CaCO<sub>3</sub> (byla v kádince v nadbytku). Nejprve jsme proto stanovili tento objem kyseliny a z rozdílu původního objemu kyseliny a tohoto objemu kyseliny určili, kolik kyseliny se spotřebovalo v reakci s CaCO<sub>3</sub>. Potom jsme určili hmotnost CaCO<sub>3</sub> obsaženého ve vzorku horniny o hmotnosti 0,5 g. Tento postup se nazývá zpětná reakce.
- Závěr :** Nejběžnější hornina, která obsahuje uhličitan vápenatý je vápenec, dále dolomit, mramor. CaCO<sub>3</sub> bývá jako tmel v pískovcích a dalších horninách.
- Poznámky pro učitele:** Pro tuto úlohu je nutné použít půdu přímo z vápencové oblasti, která je v přímém kontaktu s podložní horninou. Zdůraznit vztah úlohy ke geologii.

### 3 Rozbor umělých hnojiv

**Úkol :** Ve vzorcích hnojiv dokažte přítomné kationy a aniony.

**Pomůcky :** odměrný válec, stojánek se zkumavkami, skleněná tyčinka, filtrační papír, držák na zkumavky, kahan, váhy, nálevka, chemický stojan s příslušenstvím, pH-papírky, baňka 50 cm<sup>3</sup>

**Chemikálie :** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, NaOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, měď, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, BaCl<sub>2</sub>, NaNO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub>, HCl, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KCl, AgNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>OH, NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>Cl, kostní moučka, superfosfát, CaCO<sub>3</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>, kyselina vinná

**Postup :** 1. **Dusíkatá hnojiva**

#### **Dusičnan amonný NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (ledek amonný)**

Do zkumavky nalijte asi roztok NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (w=0,1), trochu zředěného roztoku NaOH a zahřejte k varu. Začne unikat amoniak, poznáte ho podle zápachu a zmodrání univerzálního pH papírku. Tím jste dokázali amonný kationt.

K malému množství NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (asi 0,5 g) přilijte opatrně 1–2 cm<sup>3</sup> konc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a do zkumavky vložte kousek čisté mědi a zahřejte. Vytvářejí se hnědé dýmy oxidu dusičitého – důkaz přítomnost dusičnanového aniontu.

#### **Síran amonný (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

Amonný kationt dokážete jako v předchozí úloze.

Ve zkumavce rozpust'ete trochu (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a přilijte 1 cm<sup>3</sup> roztoku BaCl<sub>2</sub> (w=0,1). Vznikne bílá sraženina síranu barnatého v kyselinách nerozpustná – důkaz síranového aniontu.

#### **Dusičnan sodný NaNO<sub>3</sub>**

Na konec platinového drátku naberte trochu NaNO<sub>3</sub> a vložte do nsvítivého plamene kahanu. Žluté zbarvení plamene je důkaz sodíku. Přítomnost dusičnanového aniontu dokážete jako v předchozí úloze.

#### **Dusičnan draselný KNO<sub>3</sub>**

Na konec platinového drátku naberte trochu práškovitého KNO<sub>3</sub> a vložte do nsvítivého plamene, plamen se zbarví světle fialově, což je důkaz draslíku.

#### **Dusičnan vápenatý Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (ledek vápenatý)**

Ve zkumavce rozpust'ete trochu Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> a přilijte několik kapek roztoku H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (w=0,05) Vznikne bílá nerozpustná sraženina CaSO<sub>4</sub> – důkaz vápníku.

#### 2. **Draselná hnojiva**

##### **Chlorid draselný KCl**

K 5 cm<sup>3</sup> roztoku KCl ve zkumavce přidejte stejné množství roztoku kyseliny vinné (w=0,15). Vznikne sraženina hydrogenvinanu draselného jako důkaz draslíku. Sraženina se vytvoří rychleji, třeme-li skleněnou tyčinkou vnitřní stěny zkumavky.

Důkaz lze provést také plamenovou reakcí jako u dusičnanu draselného. K roztoku KCl přidejte několik kapek roztoku AgNO<sub>3</sub> (w=0,05). Vznikne bílá sraženina AgCl, která na světle zvolna tmavne. Nerozpouští se v konc. HNO<sub>3</sub>.

Snadno se rozpouští ve čpavku. Tím jsme dokázali přítomnost Cl<sup>-</sup>.

### **Síran draselný K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

Draslík i síran dokažte jako v předcházejících pokusech

### **3. Fosforečná hnojiva**

#### **Dihydrogenfosforečnan amonný NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>**

Amonný kationt dokažte hydroxidem sodným.

Aniont dokažte tak, že ke 2-3 cm<sup>3</sup> roztoku MgCl<sub>2</sub> přidáte pomalu stejné díly roztoku NH<sub>3</sub> a NH<sub>4</sub>Cl tak, že se sraženina vzniklého hydroxidu hořečnatého Mg(OH)<sub>2</sub> rozpustí. Potom přidejte po kapkách mírně kyselý roztok NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>. Vznikne bílá krystalická sraženina fosforečnanu aminhořečnatého.

#### **Kostní moučka**

Kostní moučka je složena z několika sloučenin: převážně fosforečnan vápenatý a organické látky jako tuk a ossein.

Její důkaz provedete tak, že dáte trochu kostní moučky na plíšku do plamene. Moučka začne hořet a je cítit zápach jako po spálené srsti. Zápach vzniká spálením osseinu.

#### **Superfosfát**

Podstatou superfosfátu je Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> a CaSO<sub>4</sub>.

U superfosfátu zjistíte nejprve reakci univerzálním pH-papírkem.

Pak proveďte další rozbor. Do baňky s vodou nasypete 5 g superfosfátu, dobře zamíchejte a nechte 3 minuty stát a opět zamíchejte. Roztok nalijte do zkumavky, přidejte práškový CaCO<sub>3</sub>. Nastane vývoj bublinek CO<sub>2</sub>.

Fosforečnanový aniont dokažte jako v předchozích úlohách.

### **4. Vápenatá hnojiva**

Některá vápenatá hnojiva jste dokazovali u hnojiv dusíkatých a fosforečných.

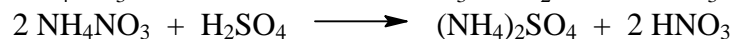
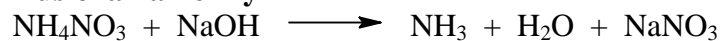
#### **Hydroxid vápenatý Ca(OH)<sub>2</sub>**

Nejprve zjistíte reakci univerzálním pH-papírkem.

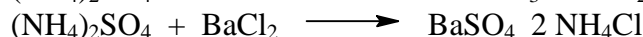
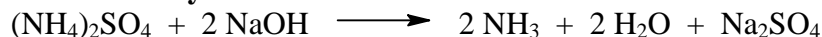
Potom do kádinky s vodou nasypete hašené vápno, dobře zamíchejte a nechte stát. Směs zfiltrujte a získaným roztokem probublejte CO<sub>2</sub>. Roztok se zakalí vzniklým CaCO<sub>3</sub>.

### **Reakce : 1. Dusíkatá hnojiva**

#### **Dusičnan amonný**

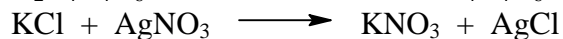
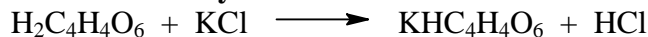


### Síran amonný



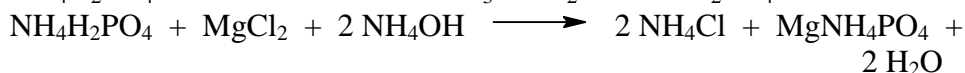
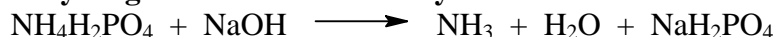
### 2. Draselná hnojiva

#### chlorid draselný

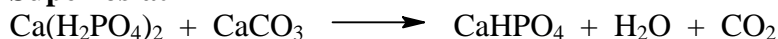


### 3. Fosforečná hnojiva

#### Dihydrogenfosforečnan amonný

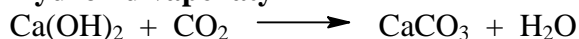


#### Superfosfát



### 4. Vápenatá hnojiva

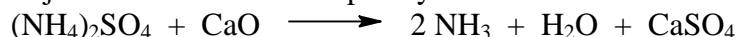
#### Hydroxid vápenatý



**Závěr :** Umělá hnojiva se používají na přihnojení plodin a rostlin pro větší produkci.

Aby se zabránilo plýtvání a zasažení okolí chemickými látkami, hnojení by se mělo provádět až po předchozím rozboru půdy na poli. Pokud hnojíme domácí rostliny a řídíme se návodem, neměli bychom nic pokazit. U přehnojených rostlin v květináči dochází úniku vody z buněk jako snaha zředit koncentrovaný roztok, rostlina důsledkem toho usychá, přesto, že má dostatek vody (tzv. plazmoptýza).

**Poznámky pro učitele:** Při určování smíšených hnojiv nejdříve zjistíme anionty kyselina tím poznáme jaké druhy hnojiv jsou smíchány a pak teprve určíme kovy. Některá hnojiva jsou ale nemísitelná. Např. síran amonný nemůžeme mísit s Thomasovou moučkou. Volný oxid vápenatý Thomasovy moučky vytěsňuje ze síranu amonného amoniak, vzniká síran vápenatý (sádra) a vznikají velké ztráty dusíku. Amoniakální hnojiva nesmíme mísit s vápenatými.



Prodiskutovat se žáky, proč jsou v umělých hnojivech právě výše zmiňované a dokazované sloučeniny.

## **4.7.5 Analýza polymerů**

**1 Analýza plastů**

**2 Důkazy plastů**

# 1 Analýza plastů

**Úkol :** Pomocí několika jednoduchých testů, prováděných v přesném pořadí, určete druhy některých plastických hmot.

**Pomůcky :** vzorky různých plastických hmot o velikosti asi 1 cm<sup>3</sup> (lahve od minerálky, krabička od Tic-tacu, vlasec, kelímky od jogurtu, plastové příbory), klička z měděného drátku v korkové zátce, kádinka, Petriho miska nebo hodinové sklíčko, zkumavky, stojan na zkumavky, skleněná tyčinka, smirkový papír, držák na zkumavky, chemické kleště

**Chemikálie :** aceton, pH papírky, detergent

**Postup :**

1. Test hustoty: Vzorek plastu vložte do kádinky s vodou a kapkou detergentu a pomocí tyčinky ho ponořte, pokud vzorek vyplaval na hladinu, jedná se o polyetylén nebo polypropylén a další testy již nejsou nutné. Vzorek byl identifikován.
2. Pokud vzorek zůstal ponořený, pokračujte dalším testem.  
Belsteinův test: Vzorky položte na hodinové sklo. Zapalte kahan a v jeho plameni rozžhavte konec měděného drátku. Žhavý drátek přiložte ke zkoumanému vzorku tak, aby na něm ulpěl kousek plastu. Dejte drátek se vzorkem zpět do plamene. Pokud se plamen zbarvil zeleně, vzorek obsahuje chlor a jedná se o PVC. Měděný drátek po každém použití důkladně očistěte smirkovým papírem.
3. Pokud byl Belsteinův test negativní, pokračujte dále.  
Tento test neprovádějte v blízkosti otevřeného ohně!  
Do zkumavky dejte několik kapek acetonu a přidejte vzorek zkoumaného plastu. Po uplynutí asi 10-12 minut vyzkoušejte pomocí skleněné tyčinky, je-li vzorek částečně rozložen. Pokud ano, jedná se o polystyrén. Pokud ne, pokračujte následujícím testem.
4. Test pH: vzorek vložte do zkumavky a do jejího ústí zasuňte navlhčený kousek indikátorového pH papírku. Zapalte plynový kahan. Zkumavku uchopte do držáku a zahřejte nad kahanem. Jestliže plyny uvolněné zahříváním vzorku mají pH vyšší než 7, jedná se o polyamid.
5. Termoplastická „paměť“ některých polymerů: připravte si několik malých plastických kalíšků od jogurtů nebo smetanových krémů a zapalte svíčku nebo kahan. Kelímek uchopte za okraj do kleští a pohybuje jím nad plamenem tak, aby se nevznítil. Kelímek se smršťuje a postupně získává svůj původní tvar, který plast měl, než byl vylisován do tvaru kelímku. Nakonec získáte plochý kousek plastu, čtvercového tvaru. Kelímky mohou být i barevné, ale bez nálepek.

**Řešení :** je již součástí postupu

**Závěr :** Analýzu plastických hmot můžeme provádět mnoha způsoby. Zdá se, že tento postup patří mezi nejjednodušší.

**Poznámky pro učitele:** Vzorky plastů od minerálek bývají z polychlorovaných plastů, kelímky od jogurtů mohou být styreny a vlasec je polyamid. Je-li k dispozici i



vzorek bakelitu, je možno ukázat, že se zahřátím v plameni netaví, ale tvrdne. Ostatní vzorky jsou obvykle opakovaně tavitelné. Pokud máte vzorek pěnového polystyrenu, test hustoty nemá vypovídací hodnotu, protože látka obsahuje vzduch a bude plavat na hladině. V případě tohoto vzorku, začínáme až testem 2.

## 2 Důkazy plastů

**Úkol :** Na základě chování v plameni, pyrolyticky, rozpustností, popř. jinými chem. reakcemi identifikujte vzorky plastů a syntetických vláken.

**Pomůcky :** kahan, chemické kleště, zkumavky, malé zkumavky

**Chemikálie :** vzorky plastů, ethanol, aceton, chloroform, univerzální indikátorový papírek,  $\text{AgNO}_3$  ( $w=0,01$ ),  $\text{NaOH}$ ,  $\text{FeCl}_3$  (0,03), Schiffovo činidlo, octanu nebo dusičnanu olovnatého ( $w=0,05$ ),  $\text{H}_2\text{O}_2$  ( $w=0,05$ ), roztok  $\text{NH}_3$  ( $w=0,15$ )

**Postup :**

1. Vzorek zkoumané látky uchopte chemickými kleštěmi a zahřívejte v nesvítivém plameni. Zkoušky v plameni lze využít k orientačnímu určení plastů. Sledujte jeho chování a porovnejte je s údaji v tabulce 8. Pozorujte, zda vzorek taje, deformuje se, hoří v plameni i mimo něj, zda vznikají dýmy. Čichem se opatrně přesvědčte o zápachu unikajících produktů.
2. Do malé úzké suché zkumavky (nebo zatavte asi 6 cm dlouhou skleněnou trubičku o průměru asi 5 mm) vložte kousek plastu a do jejího ústí zasuňte vlhký indikátorový papírek a zahřívejte. Pozorujte změnu plastu při zahřátí, tvorbu dýmu a zápach produktů rozkladu. Reakci produktů ověřte vlhkým univerzálním indikátorovým papírkem. Porovnejte s údaji v tabulce 9.
3. Asi 0,2 g jemně rozkrájeného nebo rozetřeného vzorku protřepejte v malé zkumavce s 2 cm<sup>3</sup> rozpouštědla (ethanol, aceton, chloroform). Pozorujte, zda se vzorek rozpouští, bobtná nebo nerozpouští. Výsledky porovnejte s tabulkou 10.
4. Beisteinova zkouška – důkaz chlóru suchou cestou. Na nahřátý plech z mědi, který jste předtím rozžhavili a nechali vychladnout, dejte trochu organické zkoumané na chlór. Na plechu povlečeném oxidem měďnatým se látka teplem rozkládá, vzniká chlorid měďnatý, který v plameni snadno téká a charakteristicky ho zbarvuje. Obdobně však reagují i některé jiné látky.
5. Proveďte orientační zkoušky vlastností některých přírodních a syntetických vláken (zkoušku v plameni a pyrolýzu jako v předchozích úlohách). Výsledek porovnejte s tabulkou 11.  
Tkaniny k pokusům musíme nejprve upravit, protože bývají před spřádáním barveny a chemicky preparovány a tyto látky by mohly některé zkoušky rušit. Tkaninu nejprve vypereme v horkém  $\text{H}_2\text{O}_2$  ( $w=0,02$ ), k němuž jsme přidali čpavek do slabě alkalické reakce. Až se tkanina odbarví, vypereme ji v destil.  $\text{H}_2\text{O}$ , usušíme, roztrháme na vlákna a s nimi teprve provádíme zkoušky.
6. Zkouška rozpustnosti tkanin. Ke vzorku přidejte ledovou kys. octovou. Rozpustí se acetylcelulóza (acetátové hedvábí). Zůstane-li vzorek nerozpuštěn, zahříváme ho s ledovou kys. octovou. Polyamidová vlákna (nylon, silon) se rozpouštějí nebo alespoň bobtnají. Viskóza (viskózové hedvábí, celofán) se nerozpustí. Rozpouštění nebo bobtnání se u těchto zkoušek projeví až po delší době.

Viskózová i acetylcelulózová vlákna jsou rozpustná v  $H_2SO_4$  ( $w=0,8$ ). Acetylcelulózová vlákna jsou rozpustná v acetonu, v horké směsi benzénu a ethanolu ( $w=0,96$ ). Polyamidová vlákna se rozpouštějí v 80% roztoku  $H_2SO_4$  ( $w=0,8$ ) a koncentrované kys. mravenčí.

7. Test hustoty. Vzorek plastu vložíme do kádinky s vodou a pomocí tyčinky ponoříme. Pokud vzorek vyplaval na hladinu, jedná se o polyethylen nebo polypropylen a další testy již nejsou nutné.

**Řešení :**

**Tabulka 8: Chování polymerů v plameni**

Název polymeru	Hořlavost	Zbarvení plamene	Zápach rozkladných produktů	Změny materiálu
Polytetrafluorethylen - teflon	Téměř nehoří nebo jen v plameni	Žlutozelené, svítivé	nakyslý	Měknutí, tvorba bublinek, pomalé uheľnatění, bezbarvý zbytek
Polyvinylchlorid - PVC, novodur, novoplast, igelit	Hoří jen v plameni samozhášivý	Žluté, spodní okraj plamene se zeleným pásem	Po chlorovodíku, ostře kyselý, rozkladné produkty jsou karcinogenní	Taje, tmavne a odkapává
Polyamid	Hoří jen v plameni samozhášivý	Modré se žlutým hrotem	Po spálené vlně, rohovině	Taje, hnědne, odkapává, z taveniny lze vytáhnout vlákno
Fenolformaldehydové Pryskyřice	Hoří jen v plameni samozhášivý	Žluté, vzniká hnědý dým	Fenolový a formaldehydový	Nabobtnává, tvoří se puchýře, uheľnatí
Močovinoformaldehydové pryskyřice	Hoří jen v plameni samozhášivý	Světležluté se zelenavě modrým hrotem	Štiplavý po amoniaku a formaldehydu	Nabobtnává a uheľnatí
Aminoplast - umakart	Téměř nehoří, uheľnatí	žlutá	Po amoniaku	Zuheľnatělý zbytek
Polyethylen	Hoří i po vytažení z plamene	Modré se žlutobílým hrotem, svítivý plamen	Po hořící parafínové svíčce	Měkne, odkapává při 100-200°C
Polypropylen	Hoří i po vytažení z plamene	Žluté, na spodní části modré, svítivý plamen	Po hořící parafínové svíčce	Měkne, kape
Polystyren	Hoří i po vytažení z plamene	Oranžové, čadivý plamen, odkapává a toří vlákna	Nasládlý, květinový	Měkne, tvoří bublinky, z taveniny lze vytáhnout vlákno, zanechává černý zbytek
Polymethylmethakrylát - organické sklo	Hoří i po vytažení z plamene	Modré s bílým hrotem, prskající plamen	Nasládlý, květinový	Měkne, bobtná, hnědne
Epoxidové pryskyřice	Hoří i po vytažení, z plamene, taje	Svítivý plamen, čadí, uheľnatí	Charakteristický	Zuheľnatělý zbytek
Celuloid - kafrová nitrocelulóza		Žlutý plamen	Po kafru	
Acetylcelulóza		Občasné praskání	Zápach kys. octové	

**Tabulka 9: Průběh a produkty pyrolýzy polymerů**

Název polymeru	Průběh pyrolýzy	Produkty pyrolýzy
Aminoplast -umakart	Bílý nálet, zápach po amoniaku, rybách a formaldehydu	Reakce silně zásaditá, při zahřívání s pevným NaOH lze dokázat unikající NH <sub>3</sub> , vzniká také methylamín
Fenoplast - bakelit	Tmavne, bílé a hnědé zplodiny zapáchají po fenolu, formaldehydu a plnidlu	Reakce přibližně neutrální, roztok FeCl <sub>3</sub> na filtračním papíru modrá, Schiffovo činidlo červená
Polyethylen	Taje, vznikají slabé dýmy	Reakce přibližně neutrální, kondenzát tuhne na voskovitou hmotu.
Polypropylen	Taje, vznikají slabé dýmy	Reakce přibližně neutrální, kondenzát tuhne na voskovitou hmotu.
Polymethylmetakrylát - organické sklo	Hnědne, vyvíjejí se bílé dýmy	Reakce kondenzátu je neutrální, charakteristicky páchne
Polystyren	Taje, vyvíjejí se bílé dýmy, nasládle voní po květinách	Nažloutlý až hnědý destilát má neutrální reakci
Polytetrafluorethylen -teflon	Těká až v červeném žáru, jedovaté produkty štiplavě páchnou	Kondenzát reaguje silně kyselé (HF)
Polyvinylchlorid - novodur, novoplast, igelit	Netaje, hnědne, vznikají štiplavě páchnoucí jedovaté produkty	Produkty reagují silně kyselé (HCl), vázaný chlór lze dokázat Beilsteinovou zkouškou: v kondenzátu lze dokázat Cl <sup>-</sup> roztokem Ag <sup>+</sup>
Epoxidové pryskyřice	Taje, nasládlý zápach	Produkty reagují kyselé
Celulóza	Netaví se	Páry páchnou po spáleném papíru a jsou kyselé
Polyamid	Taví se	Pach po spáleném rohu, páry kyselé

**Tabulka 10: Rozpustnost polymerů**

Název polymeru	Rozpustnost v ethanolu	Rozpustnost v acetonu	Rozpustnost v chloroformu
Aminoplast - umakart	bobtná	nerozpustný	nerozpustný
Fenoplast - bakelit	rozpustný	rozpustný	nerozpustný
Polyethylen	nerozpustný	nerozpustný	nerozpustný
Polypropylen	nerozpustný	nerozpustný	nerozpustný
Polymethylmethakrylát - organické sklo	nerozpustný	bobtná	rozpustný

Polystyren	nerozpustný	bobtná	rozpustný
Polytetrafluorethylen - teflon	nerozpustný	nerozpustný	nerozpustný
Polyvinylchlorid - novodur, novoplast, igelit, PVC	nerozpustný	nerozpustný	bobtná
Epoxidové pryskyřice	nerozpustný	rozpustný	nerozpustný

**Tabulka 11: Chování přírodních a syntetických vláken v plameni**

<b>vlákno</b>	<b>hořlavost</b>	<b>pyrolýza</b>
Přírodní vlna	Hoří zvolna, páchne po spálených vlasech	Reakce produktů zásaditá produkty rozkladu srážejí z roztoku olovnaté soli na filtračním papíru PbS (důkaz H <sub>2</sub> S)
Přírodní hedvábí	Hoří, páchne jako hořící papír, zanechává šedožlutý popel	Reakce produktů slabě kyselá v produktech není vázána síra
Acetylcelulózní vlákno (acetátové hedvábí)	Nehoří plamenem, prská, škvaří se na kuličku, zapáchá po kyselině octové	Reakce produktů slabě kyselá
Polyakrylonitrilové vlákno	Hoří žlutým čadivým plamenem, zanechává černý pevný zbytek, zapáchá po pálící se rohovině	Reakce produktů zásaditá
Polyamidové vlákno	Hoří, taví se, odkapává, zapáchá po myšíně, škvaří se na tvrdou kuličku	Reakce produktů zásaditá
Polyesterové vlákno	Špatně hoří a taví se	Reakce produktů téměř neutrální
Viskózní vlákno	Rychle hoří téměř beze zbytku, páchne po spáleném papíru	Reakce produktů slabě kyselá

**Závěr :** Hořlavost je jedna z nejdůležitějších vlastností polymerů, s kterou se běžně setkáme. Rychlé vzplanutí nebo unikající dýmy mohou ohrožovat život. Naučit se znát polymery je také důležité pro jejich sortování a recyklaci.

**Poznámky pro učitele:** Hořením a tepelným rozkladem plastů vznikají zdraví škodlivé produkty, proto je nutno pracovat v digestoři. Rozpouštědla jsou těkavé, hořlavé až výbušné látky, proto z bezpečnostních důvodů nesmí být při práci s nimi v laboratoři zapálen kahan nebo jiný otevřený oheň. Páry těchto rozpouštědel nevdechujte. Plasty používané v praxi obsahují vedle polymeru ještě další látky (barviva, plnidla, změkčovadla aj), které svými vlastnostmi mohou zkreslovat vzhled a výsledky

zkoušek plastu. Vzorky plastů : lahve od minerálky – polychlorované plasty, kelímky od jogurtů – styreny, vlasec – polyamid.  
Tabulky jsou upraveny dle /Beneš a kol. 1986/, /Čársky a kol 1986/, a /Hrstka 1998/.

#### **4.7.6 Analýza látek důležitých pro zdraví člověka**

- 1 Důkaz cholesterolu v tuku**
- 2 Důkaz vitamínu A**
- 3 Přibližné stanovení vitamínu A**
- 4 Důkaz vitamínu E**
- 5 Jodometrické stanovení kyseliny askorbové**
- 6 Stanovení aktivity peroxidázy**
- 7 Stanovení aktivního chloru v chlorovém vápně**
- 8 Stanovní amylotické účinnost**
- 9 Stanovení dusitanů**
- 10 Stanovení dusičnanů v zelenině**
- 11 Důkaz vitamínu C a železa v šumivých tabletkách**
- 12 Stanovení jodu v jodové tinktuře**
- 13 Stanovení kyseliny acetylsalicylové v acylpyrinu**
- 14 Stanovení obsahu kyseliny borité v borové vodě**
- 15 Stanovení obsahu síranu zinečnatého v očních kapkách**

# 1 Důkaz cholesterolu v tuku

**Úkol :** Dokažte cholesterol v rybím tuku a sádle.

**Pomůcky :** baňka 50 cm<sup>3</sup>, zkumavky, byreta, malý odměrný válec nebo zkumavka

**Chemikálie :** rybí tuk, sádlo, chloroform, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (w=0,98), acetanhydrid

**Postup :**

1. Do zkumavky nalijte 1 cm<sup>3</sup> rybího tuku, 4 cm<sup>3</sup> chloroformu a z byrety odměřte opatrně 2 cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
2. Směs mírně promíchejte a ponechte chvíli stát.
3. V baňce 50 cm<sup>3</sup> smíchejte 1g sádla s 5 cm<sup>3</sup> chloroformu a 1 cm<sup>3</sup> acetanhydridu.
4. Po důkladném protřepání přidejte opatrně z byrety 1 cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**Řešení :** V případě rybího tuku zbarvení reakční směsi přechází z oranžového do červeného a spodní vrstva zeleně fluoreskuje.

V případě sádla reakční směs mění svoje zbarvení z modrého na zelené.

**Závěr :** Cholesterol je látka živočišného původu, která se podílí na stavbě biomembrán. Po chemické stránce patří mezi steroidní alkoholy. Cholesterol je obsažen v živočišných tucích. Příjem nadměrného množství těchto tuků vede ke škodlivému hromadění cholesterolu v krvi a v některých orgánech (ateroskleróza). Množství cholesterolu v krvi je v současné době velmi sledovaným ukazatelem.

**Poznámky pro učitele:** Pokus dobře vychází, ale doporučuji provádět její v semináři demonstrační vzhledem k použitým chemikáliím a možnému nebezpečí poleptání kyselinou nebo nadýchání chloroformu.



## 2 Důkaz vitamínu A

**Úkol :** Dokažte vitamín A v mrkvi.

**Pomůcky :** zkumavky, stojan na zkumavky

**Chemikálie :** benzén, konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , nastrouhaná mrkev

**Postup :**

1. Do zkumavky dejte nastrouhanou mrkev, přidejte několik  $\text{cm}^3$  benzénu.
2. Zkumavku zazátkujte a důkladně protřepejte.
3. Obsah zkumavky nechte ustát, výluh slijte do druhé zkumavky.
4. K výluhu přidejte několik  $\text{cm}^3$  konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a sledujte barevnou změnu.

**Řešení :** Výluh se po přidání konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  na styčné ploše zbarví intenzivně modře.  
Vitamín A je rozpustný v tucích, a proto ho vyluhujeme benzénem.

**Závěr :** Vitamín A se v lidském organismu tvoří z provitamínu A, který je důležitou součástí potravy. Nedostatek se projevuje poruchami vidění, hlavně šeroslepostí. Provitamín A patří do skupiny karoténů, které se v přítomnosti  $\text{H}_2\text{SO}_4$  barví na modro nebo modrofialově.

**Poznámky pro učitele:** Podobný postup jako v kapitole 4.7.3 číslo 20. Jako vzorek pro analýzu je použita mrkev, která patří mezi nejdoporučovanější zdroj vitamínu A.

### 3 Přibližné stanovení vitamínu A

**Úkol :** Stanovte v některých potravinách vitamín A.

**Pomůcky :** zkumavky, odměrná zkumavka nebo malý odměrný válec, skleněná tyčinka

**Chemikálie :** chloroform, rostlinný olej, máslo, rybí tuk, Axeroftol, anhydrid kys. octové, krystalický chlorid antimonitý

**Postup :**

1. Připravte si pět zkumavek a očísľujte je.
2. Do první dejte skleněnou tyčinkou kousek másla, do druhé kapku rostlinného oleje, do třetí kapku rybího tuku, do čtvrté kapku Axeroftolu.  
Poslední zkumavka je určena pro slepý pokus.
3. Do každé zkumavky přidejte 2 cm<sup>3</sup> chloroformu.
4. Po vyčeření roztoku přidejte 1 kapku anhydridu kyseliny octové a několik krystalků chloridu antimonitého.

**Řešení :** Vitamín A (retinol, axeroftol) patří k vitamínům rozpustným v tucích. Je nezbytnou složkou biologických systémů, které umožňují vnímání světla.

Vytváří se v játrech z  $\beta$ -karotenu, který je provitamínem vitamínu A a vyšší živočichové jej přijímají v rostlinné potravě.

**Závěr :** Retinol dává v bezvodém prostředí s chloridem antimonitým modře zbarvenou sloučeninu. Podle intenzity zbarvení můžeme usuzovat na koncentraci tohoto vitamínu ve zkoumaných vzorcích.

**Poznámky pro učitele:** Zdůraznit důležitost vitamínu A pro zdraví člověka.

## 4 Důkaz vitamínu E

**Úkol :** Ve vzorcích dokažte vitamín C.

**Pomůcky :** zkumavky, stojan na zkumavky, kádinky, odměrný válec, pipety, třecí miska s tloučkem, skleněná tyčinka

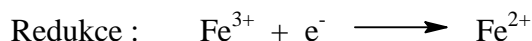
**Chemikálie :** olej z pšeničných klíčků, vaječnou žloutek, multivitaminové tabletky, 2-propanol, roztok vitamínu E ( $w=0,01$ ) v 2-propanolu (srovnávací roztok), roztok  $\text{FeCl}_3$  ( $w=0,01$ ) v 2-propanolu, roztok  $\alpha,\alpha$ -dipyridylu ( $w=0,02$  v 2-propanolu)

**Postup :**

1. Důkaz vitamínu E v oleji pšeničných klíčků  
Ve zkumavce smíchejete  $3 \text{ cm}^3$  oleje z pšeničných klíčků se stejným množstvím propanolu, potom přidejte  $1 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{FeCl}_3$  a  $1 \text{ cm}^3$  dipyridylového roztoku a protřeste.  
Slepý pokus: Smíchejte  $3 \text{ cm}^3$  2-propanolu,  $1 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{FeCl}_3$  a  $1 \text{ cm}^3$  dipyridylu. Vznikne žlutohnědý roztok.
2. Důkaz vitamínu E v multivitaminových tabletkách  
Multivitaminovou tabletu rozetřete v třecí misce, přeneste do zkumavky s  $5 \text{ cm}^3$  2-propanolu a protřeste. Nerozpustné množství oddělte, k pevnému zbytku přidejte  $1 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{FeCl}_3$  a  $1 \text{ cm}^3$  dipyridylu. Opět protřeste.
3. Důkaz vitamínu E ve vaječném žloutku  
Oddělený vaječný žloutek rozdělte do dvou kádinek a přidejte  $20 \text{ cm}^3$  propanolu. Promíchejte a odfiltrujte. Z filtrátu odpipetujte  $3 \text{ cm}^3$  do zkumavky a k tomu přidejte  $1 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{FeCl}_3$  a  $1 \text{ cm}^3$  dipyridylu.

**Řešení :**

1. Roztok byl po přidání roztoku  $\text{FeCl}_3$  tmavožlutý, po přidání dipyridylu oranžovočervený.
2. Roztok byl po přidání  $\text{FeCl}_3$  žlutý, po přidání dipyridylu červený.
3. Roztok byl po přidání  $\text{FeCl}_3$  žlutý a po přidání dipyridylu oranžový.



$\text{Fe}^{2+}$  tvoří s dipyridylem červený komplex

**Závěr :** Vitamín E je rozpustný v tucích, důležitý např. pro správnou funkci sliznic, často bývá doplňován formou globulek.

**Poznámky pro učitele:** Doporučuji poskytnout žákům literaturu, internet a k takové poměrně rychlé úloze nechat vyhledat doplňující informace o vitamínech.

## 5 Jodometrické stanovení kyseliny askorbové

**Úkol :** Jodometricky stanovte kyselinu askorbovou ve vzorku.

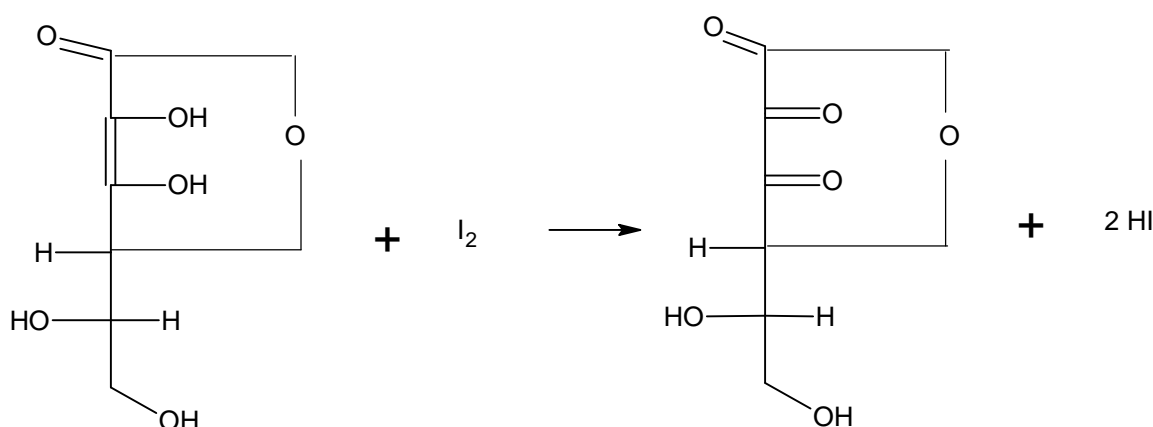
**Pomůcky :** váhy, třecí miska s tloučkem, titrační baňka, odměrný válec, titrační souprava

**Chemikálie :** vysušený vzorek s kyselinou askorbovou (obsah kyseliny askorbové v 1 g vzorku by měl být v rozmezí 0,1 g až 0,15 g, je možno použít celaskon), roztok  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $c=2 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), 1 % roztok škrobu, odměrný roztok jodu ( $c=0,05 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ),  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ( $c=0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ )

**Postup :**

1. Odvažte 1 g dobře vysušeného a rozetřeného vzorku nebo 0,1 g celaskonu.
2. Vzorek kvantitativně vpravte do titrační baňky a rozpust'ete v  $30 \text{ cm}^3$  převařen'ejší a chladné destilované vody. Do baňky přidejte  $5 \text{ cm}^3$  roztoku kyseliny sírové a  $1 \text{ cm}^3$  roztoku škrobu.
3. Směs v baňce titrujte odměrným roztokem jodu až do modrého zabarvení reakční směsi. Před koncem titrace reakce probíhá pomalu, proto v okolí bodu ekvivalence přidávejte roztok jodu opatrně a reakční směs důkladně promíchejte protřepáváním.
4. První stanovení proved'te jako orientační a dále proved'te tři stanovení přesná. Z nich vypočítejte průměr spotřeby odměrného roztoku jodu. Z průměrné spotřeby roztoku jodu vypočítejte hmotnostní zlomek kyseliny askorbové ve vzorku.

**Řešení :** Kyselina askorbová reaguje v kyselém prostředí s jodem v poměru 1 : 1. Při této reakci, kterou lze využít ke stanovení kyseliny askorbové, vzniká kyselina dehydroaskorbová a jodovodík.



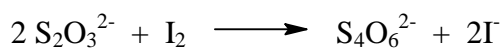
**Závěr :** Kyselina askorbová je podstatou vitamínu C, který je rozpustný ve vodě a naše tělo si ho neumí syntetizovat, musíme ho přijímat s potravou. Při

nedostatku tohoto vitamínu neplní svou funkci tkáně, proto krvácejí dásně.

**Poznámky pro učitele:** Na přípravu roztoku jódu rozpustíte v odměrné baňce o objemu 1 dm<sup>3</sup> 25g KI v 50 cm<sup>3</sup> destil H<sub>2</sub>O, přidejte 12,7 g jodu a po rozpuštění roztok doplňte destil. H<sub>2</sub>O po rysku. Po promísení uložte do označené tmavé zásobní láhve. Standardizaci odměrného roztoku mohou (podle časových možností) provést žáci.

Do titrační baňky odměřte 20 cm<sup>3</sup> roztoku thiosíranu sodného o koncentraci c= 0,1mol.dm<sup>-3</sup>. Přidejte 30 cm<sup>3</sup> destil H<sub>2</sub>O a 5 cm<sup>3</sup> roztoku škrobu. Byretu naplňte roztokem jodu. Roztok v baňce titrujte roztokem jodu až do trvale modrého zbarvení směsi. Z průměru třech stanovení vypočítejte koncentraci jodu.

Iontová reakce jodu s thiosíranem :



## 6 Stanovení aktivity peroxidázy

**Úkol :** Stanovte aktivitu katalázy jodometrickou titrací nerozloženého peroxidu vodíku.

**Pomůcky :** 2 titrační baňky, aparatura na titraci, odměrný válec, pipeta

**Chemikálie :** roztok  $\text{H}_2\text{O}_2$  ( $c=0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), ve fosfátovém pufru ( $c=0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), o pH 6,8 (směs  $49 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  ( $c=0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), a  $51 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  ( $c=0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$ ))  
 $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $c=1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ),  
roztok KI ( $w=0,05$ )  
roztok  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ( $c=0,01 \text{ mol.dm}^{-3}$ ),  
roztok škrobu ( $w=0,01$ )  
enzymatický preparát peroxidázy: 20 g jemné bramborové drtě včetně šťávy přeneste do odměrného válce a objem se doplňte na  $50 \text{ cm}^3$ , zfiltruje a čirý filtrát použijte jako enzymatický preparát

**Postup :**

1. Do dvou baněk o objemu  $50 \text{ cm}^3$  dejte  $10 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{H}_2\text{O}_2$  ve fosfátovém pufru a do jedné přidejte  $5 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $c=1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ) (slepý pokus) a do obou ještě  $5 \text{ cm}^3$  enzymatického preparátu peroxidázy. Obsah baněk promíchejte.
2. Po 10 minutách i ke vzorku přidejte  $5 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $c=1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ) a do obou baněk ještě  $5 \text{ cm}^3$  roztoku KI ( $w=0,05$ ) a 10 kapek roztoku škrobu.
3. Promíchejte a titrujte roztokem  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ( $c=0,01 \text{ mol.dm}^{-3}$ ).

**Řešení :**  $1 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ( $c=0,01 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), odpovídá 0,17 mg  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Aktivita peroxidázy vyjádřená v mg rozloženého peroxidu vodíku se rovná :

$$A_{\text{kat}} = (a - b) \cdot f \cdot 0,17$$

a – spotřeba v  $\text{cm}^3$  roztoku  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$  na kontrolní pokus

b – spotřeba v  $\text{cm}^3$  roztoku  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$  na vzorek

f – faktor roztoku  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$

**Závěr :** Peroxidáza a kataláza jsou velmi rozšířené enzymy, které katalyzují rozklad pro organismus jedovatého peroxidu vodíku. Řadí se mezi proteiny, obsahují železoporfyrinový komplex. Patří mezi nejaktivnější známé enzymy – jedna molekula katalázy stačí za jednu minutu rozložit 2 600 000 molekul peroxidu vodíku. V kyselém prostředí je nestálá a při pH 3,0 se již inaktivuje.

**Poznámky pro učitele:** Úlohu doporučuji provádět v chemickém semináři, když mají žáci znalosti z biochemie.

## 7 Stanovení aktivního chloru v chlorovém vápně

**Úkol :** Stanovte procentické množství aktivního chloru v chlorovém vápně.

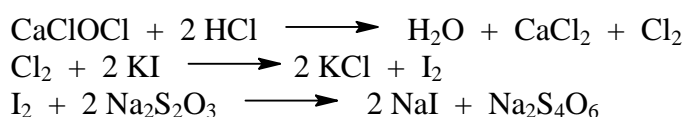
**Pomůcky :** titrační aparatura, váhy, chem. lžička, odměrná baňka 500 ml, titrační baňka

**Chemikálie :** chlorové vápno, destilovaná voda, roztok KI ( $w=0,05$ ), škrobový maz, HCl, roztok  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ( $c=0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$ )

**Postup :**

1. Navažte 5 g chlorového vápna, vsypte do odměrné baňky  $500 \text{ cm}^3$ , dolijte destil. vodou po rysku a protřepejte.
2. Po protřepání odměřte do titrační baňky  $50 \text{ cm}^3$  suspenze chlorového vápna, přidejte  $20 \text{ cm}^3$  roztoku KI ( $w=0,05$ ) a  $2,5 \text{ cm}^3$  HCl.
3. Ihned titrujte roztokem thiosíranu sodného ( $c=0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$ ). Po zesvětlení barvy roztoku přidejte do titrační baňky  $2,5 \text{ cm}^3$  škrobového mazu a dotitrujte thiosíranem.
4. Vysvětlete princip tohoto stanovení, napište příslušné rovnice (při titraci vzniká tetrathionát sodný). Uvažte všechny reakce z hlediska oxidace a redukce.
5. Vypočítejte procentuální obsah chloru v předloženém množství vzorku chlorového vápna.

**Reakce :**



**Řešení :**

Na titraci bylo spotřebováno : 1.  
2.  
3.

Výpočet procentuální koncentrace

$2 \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  je ekvivalentní  $\text{I}_2$  a ten zase  $\text{Cl}_2$

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  je ekvivalentní Cl

$1 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ( $c=0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$ ) odpovídá  $0,007092 \text{ g Cl}_2$  tj.  $7,092 \text{ mg Cl}_2$

**Závěr :** Chlorové vápno se používá jako desinfekční prostředek, funkci desinfekce v něm plní aktivní chlór.

**Poznámky pro učitele:** Zdůraznit desinfekční účinky chlorového vápna a jeho použití.

## 8 Stanovení amylotické účinnosti

**Úkol :** Stanovte amylotickou účinnost přípravku Pancreolan ®forte.

**Pomůcky :** třecí miska s tloučkem, odměrné baňky

**Chemikálie :** rozpustný škrob, dihydrogenfosforečnan draselný, hydrogenfosforečnan sodný, roztok NaCl ( $c=0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), odměrný roztok NaCl ( $c=1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), odměrný roztok  $\text{I}_2$  ( $c=0,05 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), odměrný roztok NaOH ( $c=0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), 20 % roztok  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , odměrný roztok thiosíranu sodného ( $c=0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), tlumivý fosforečnanový roztok o pH 6,8

**Postup :** **Příprava tlumivého roztoku**

13,88 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  a 35,1 g  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$  se rozpustí v 1000  $\text{cm}^3$  odměrné baňce v 900  $\text{cm}^3$  vody, doplní se vodou po rysku a promísí. Uchovává se v ledničce ( $5^\circ\text{C}$ ).

**Příprava roztoku substrátu**

Sušením při  $120^\circ\text{C}$  po dobu 4 hodin se zjistí ztráta sušením škrobu. Množství škrobu, odpovídající 2,5 g vysušeného škrobu se v kádince suspenduje ve 20  $\text{cm}^3$  vody. Suspenze se pak za míchání vlije do 150  $\text{cm}^3$  vroucí vody a kádinka se pak dokonale vypláchne dalšími 30  $\text{cm}^3$  vody, které se za míchání opět přidají k připravenému substrátu. Směs se míchá, zahřívá (jakmile se ode dna vytvoří velká bublina) hned na to se ochladí na  $20^\circ\text{C}$ . Chladná směs se pak kvantitativně převede do odměrné baňky na 250  $\text{cm}^3$ , doplní se vodou po rysku a promísí. Roztok substrátu se připravuje vždy čerstvý.

**Příprava suspenze zkoušeného vzorku**

Jedna potahovaná tableta se opatrně rozetře ve vychlazené třecí misce, naváží se 0,4 g a kvantitativně převede do 100  $\text{cm}^3$  odměrné baňky, zalije tlumivým roztokem, doplní po rysku a míchá na elektromagnetické míchačce 30 minut. Poté se odpipetuje 5,0  $\text{cm}^3$  suspenze do 25  $\text{cm}^3$  odměrné baňky, doplní tlumivým roztokem po rysku a po promíchání se ihned analyzuje.

Postup zkoušky

Do zábrusové 250  $\text{cm}^3$  baňky se odpipetuje 25  $\text{cm}^3$  substrátu, 10  $\text{cm}^3$  tlumivého roztoku a 1  $\text{cm}^3$  roztoku NaCl a po promíchání se směs na vodní lázni vytemperuje na  $25^\circ\text{C}$ . Pak se přidá 1  $\text{cm}^3$  suspenze zkoušeného vzorku, směs se promíchá a nechá na vodní lázni při  $25^\circ\text{C}$  přesně 10 minut od přidání suspenze zkoušeného vzorku. Po této době se reakce ukončí přidáním 2  $\text{cm}^3$  odměrného roztoku HCl ( $c=1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ). Současně se provede slepý pokus s tím rozdílem, že se 2  $\text{cm}^3$  odměrného roztoku HCl přidají ke směsi před pipetováním 1  $\text{cm}^3$  suspenze zkoušeného vzorku.

**Titrace**

Ke směsi vlastního a slepého pokusu v zábrusových baňkách se za míchání přidá vždy 20  $\text{cm}^3$  vody, 10  $\text{cm}^3$  odměrného roztoku jodu ( $c=0,05 \text{ mol.dm}^{-3}$ ) a 45  $\text{cm}^3$  odměrného roztoku NaOH.

Zábrusové baňky se uzavřou a ponechají ve tmě po dobu 15 minut (přesně!! – nařídít stopky nebo budíka). Pak se přidá 4  $\text{cm}^3$  20 % roztoku



H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a roztok se titruje odměrným roztokem thiosíranu sodného do odbarvení.

### Výpočet

Amylotická účinnost v 1 potahové tabletě v jednotkách Ph.Eur. (x) se vypočítá podle vztahu

$$x = \frac{100 \cdot m \cdot 5}{1 \left[ \frac{1}{5 \cdot (b - a)} - 0,006 \right] \cdot n_{vz}}$$

a je spotřeba odměrného roztoku thiosíranu sodného u vlastního stanovení v cm<sup>3</sup>

b je spotřeba odměrného roztoku thiosíranu sodného u slepého pokusu v cm<sup>3</sup>

n<sub>vz</sub> je navážka vzorku v g

m je průměrná hmotnost 1 potahové tablety v g (500 . m průměr : M)

### Definice jednotky

Jedna jednotka Ph.Eur. amylolytické účinnosti je definována jako množství enzymu, které za pokusných podmínek rozkládá škrob takovou počáteční rychlostí, že za jednu minutu hydrolyzuje jeden mikroekvivalent glykosidických vazeb.

Při sériových stanoveních je dobré si dát do tabulky postupné výpočty pro rychlejší výpočet, např. : a, b, b-a, .5.f, 1/...

<b>Řešení :</b>	analytický test	specifikace	výsledky
	vzhled	žl.potahové tabl. čočkovitý tvar	
	prům.hmotnost 1 tabl.	0,494–0,546 g	
	hmotnostní stejnoměrnost	dle Ph.Eur.	
	rozpadavost	do 60 minut	
	zkouška totožnosti		
	amyl.účinnost 1 tabl.	min. 6000 Ph Eur.j.	
	lipolytická účinnost 1 tabl.	min. 6000 Ph.Eur.j.	
	proteolytická účinnost 1 tabl.	min.400 Ph.Eur.	
	zkouška na mikrobiol. čistotu	Ph.Eur. kategorie 3A	

**Závěr :** Trávicí enzymy jsou silně závislé na teplotě a pH.Pokud je organismus nevytváří, musí se dodávat jako farmaceutický preparát.

**Poznámky pro učitele:** Účinná látka v tabletách je Pancreatinum, amyl. účinnost min.6000 j, síla 220 mg. Pro lab.cvičení lze použít i Pangrol. Lipolytická účinnost – titrační neutralizační metoda (roztok NaOH (c=0,05 mol.dm<sup>-3</sup>), používá se speciální přístroj, přidává se olivový olej a arabská guma proteolytická účinnost – přidává se kasein – rozkládá se, sledování spektrofotometrické. Pokus pro žáky zkušenější v laboratoři a pečlivé nebo jako seminární práce.

## 9 Stanovení dusitanů

**Úkol :** Stanovte ve vzorku dusitany.

**Pomůcky :** titrační aparatura, titrační baňka

**Chemikálie :** roztok NaNO<sub>2</sub>, 20 cm<sup>3</sup> KMnO<sub>4</sub> (c=0,01 mol.dm<sup>-3</sup>) okyseleného 5 cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

**Postup :** Dusitany se stanoví přímou obrácenou titrací odměrného roztoku KMnO<sub>4</sub> v prostředí zředěné kyseliny sírové, za zvýšené teploty roztokem zkoušeného dusitanu do odbarvení. Titrace vzorkem dusitanu se provádí proto, že přidáním kyseliny k dusitanu probíhá rozklad na oxidy.

**Řešení :**  $2 \text{MnO}_4^- + 5 \text{NO}_2^- + 6 \text{H}^+ \longrightarrow 2 \text{Mn}^{2+} + 5 \text{NO}_3^- + 3 \text{H}_2\text{O}$

látky reagují v poměru 2 : 5

spotřeba 9,5 9,0 9,3 cm<sup>3</sup> průměr 9,27cm<sup>3</sup>

**Závěr :** Dusitany jsou spolu s dusičnany sledované látky v potravě. Jsou považovány za karcinogenní.

**Poznámky pro učitele:** Vzorek dusitanů připravte o koncentraci c=0,01 mol.dm<sup>-3</sup>.

## 10 Stanovení dusičnanů v zelenině

**Úkol :** Stanovte obsah dusičnanů v zelenině.

**Pomůcky :** kuchyňský mixér, nůž, prachovnice, odměrný válec, kónické baňky, vodní lázeň, nálevky, filtrační papír, stojan se zkumavkami, lis na česnek, kyvety pro fotometr

**Chemikálie :** Nitrat-test, zelenina, destilovaná voda

**Postup :**

1. Příprava vzorku: odeberte reprezentativní vzorek (200 g) a očistěte. Vzorek rozmělněte a homogenizujte kuchyňským mixérem a přechovávejte do doby stanovení v chladničce.
2. Stanovení obsahu dusičnanů ve šťávě: připravený vzorek odeberte z prachovnice a lisem na česnek z něho vylisujte šťávu. Do získané šťávy vložte papírek Nitrat-testu (např. Merck, Quantofix) a po jedné minutě odečtěte výsledek.
3. Přesnější výsledek spočívá v extrakci vzorku: Do kónické baňky odvažte 2,5 g vzorku z prachovnice a doplňte horkou destilovanou vodou až do celkového objemu 50 cm<sup>3</sup> (ředěno 20x). Baňku nechte stát na vroucí vodní lázni 15 minut. Jako chladič použijte nálevku. Pak baňku ochlaďte na laboratorní teplotu a obsah přefiltrujte přes filtrační papír do zkumavky.
4. Do připraveného výluhu vložte Nitrat-test a po 1 minutě odečtěte výsledek.
5. Stanovte obsah dusičnanů pomocí fotometru: Odeberte 1 cm<sup>3</sup> vzorku připraveného extrakcí do příslušné kyvety a doplňte 9 cm<sup>3</sup> destilované vody a protřepejte. Dále postupujte podle návodu pro práci s fotometrem.

**Řešení :** Dusičnany (nitráty, NO<sup>3-</sup>) jsou rostlinami přijímány kořenovými vlásky, nejsou pro rostliny toxické a hromadí se ve vakuolách. Příjem je geneticky fixovaný a rostliny v ranných stádiích mají tendenci se dusičnany předzásobit. Jde o to, aby naakumulované množství nepřevýšilo budoucí metabolickou potřebu rostliny a neprojevovalo se to v jejich zvýšeném obsahu v biomase např. v zelenině při sklizni. Základním předpokladem využití dusičnanů v metabolismu je jeho enzymatická redukce. Jedná se o velmi náročnou redukci, která probíhá v chloroplastech nebo jiných plastidech. Bylo zjištěno, že tyto pochody úzce souvisí s fotosyntézou. Při redukci vznikají amonné ionty, které negativně působí na buněčný metabolismus, a proto je důležitá jejich rychlá vazba do dalších sloučenin. První takovou reakcí je tvorba glutaminu, který umožňuje rostlinám skladovat rezervní dusík v organické vazbě a mohou tak dále vznikat aminokyseliny nebo může dusík vstupovat do dalších metabolických drah.

**Obsah dusičnanů v zelenině závisí na mnoha faktorech :**

**Druh zeleniny** – různé druhy mají odlišnou schopnost akumulovat dusičnany.

Zelenina nitrofilní – salát, špenát, červená řepa, ředkvičky, kedluben  
Zelenina se středně silnou schopností hromadit dusičnany – mrkev,

kapusta, zelí, brambory.

Zelenina se slabou schopností hromadit dusičnany – rajčata, papriky, okurky, hrášek, cibule.

**Část rostliny** – nejvíce dusičnanů je v cévních svazcích, nejméně v plodech.

**Vegetační faktory** – vliv má hlavně světlo – při malé intenzitě je pomalejší fotosyntéza i redukce dusičnanů- např.brzy na jaře, při hustém porostu.

Nižší teploty (pod 10°C) zpomalují fotosyntézu i aktivitu nitrát-reduktázy. Na sucho reagují rostliny zvýšenou akumulací dusičnanů, zavlažováním lze obsah dusičnanů snížit.

Hlavním zdrojem dusičnanů je **nepříměšené hnojení** dusíkatými hnojivy organickými.

Všechny **enzymy**, které se podílejí na redukci dusičnanů jsou aktivovány specifickými prvky (Mo, Fe, Cu, Mn) a na akumulaci dusičnanů se může podílet i deficit některého z nich.

Záleží také na **denní době sklizně** – ráno bývá vždy vyšší obsah dusičnanů.

Při **skladování zeleniny** za vyšší ch teplot probíhá redukce dusičnanů na škodlivé dusitany.

Obsah dusičnanů v zelenině se dá ovlivnit i **zpracováním a kuchyňskou úpravou** – omýváním, vařením. Nevýhodou je, že se vařením likvidují i některé nutričně důležité látky a dusičnany zůstávají ve výluhu /Tůma, Petříková 2006/.

**Závěr :** Potenciální toxicita vyšší hladiny dusičnanů v potravinách spočívá v tom, že za určitých podmínek dochází k jejich redukci na dusitany, které jsou původcem některých vážných poruch – u dětí i dospělých. Většina dusičnanů je vstřebána v tenkém střevě, dostává se do krve a tkání, částečně se redukuje nebo vrací do střeva, zbytek se ve střevě redukuje na dusitany a je vyloučen s výkaly. Problém nastává, pokud se vedlejšími cestami dostávají zpět do slinných žláz a koncentrují se tam. Redukce dusičnanů na dusitany probíhá asi ze 65% právě v dutině ústní a většinou se toto procento ještě zvyšuje.

**Poznámky pro učitele:** Toxický účinek dusitanů spočívá ve vyvolání methemoglobinémie – hemoglobin se oxiduje přijatým kyslíkem z dusitanu, oxidační číslo železa se zvyšuje z  $Fe^{2+}$  na  $Fe^{3+}$  a vzniká tmavohnědý methemoglobin. Za normálního stavu je methemoglobinu asi 2% a tělo jej znovu přemění na hemoglobin. Kojenci do 4 měsíců však nemají dostatečně vyvinutý systém na tuto přeměnu. U starších dětí i dospělých se může projevit jiná forma – nitrily způsobí vazodilataci hladkého svalstva, tím snížení návratu krve do srdce, zmenšuje se srdeční práce. Toto se projevuje celkovou únavou a velkými bolestmi hlavy.

Dusičnany a dusitany mohou být také karcinogenní, ale pokud se zeleninou zacházíme tak, aby v ní nedocházelo k hromadění dusičnanů, jednoznačně při její konzumaci převládají klady nad možnými negativy.

Zdůraznit vztah ke zdraví člověka.

**Práce s Nitrát-testem:** Uvnitř krabičky je podrobný návod, jak s testem pracovat a je přiložena i tabulka nejvyšších přípustných množství dusičnanů v poživatinách. Dusičnany jsou pomocí redukčního činidla obsaženého v indikační zóně redukovány na dusitany. Intenzita zabarvení je úměrná koncentraci dusičnanů přítomných ve vzorku.

## 11 Důkaz vitamínu C a železa v šumivých tabletkách

**Úkol :** Dokažte kyselinu askorbovou a železo v šumivých tabletkách se železitými ionty.

**Pomůcky :** kádinky, zkumavky, stojan na zkumavky, chem. špachtlička

**Chemikálie :** roztok  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $2 \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}_2$ , různé preparáty obsahující vitamín C a železo

**Postup :**

1. Čtvrtinu šumivé tabletky obsahující vitamín C rozpustíte v kádince s vodou. Tento roztok nalijte asi do jedné třetiny zkumavky a pomalu přikapávejte roztok  $\text{FeCl}_3$ . Pozorujte barevné změny v místech kapání.
2. Čtvrtinu šumivé tabletky rozpustíte v  $20 \text{ cm}^3$  vody. Roztok přelijte do zkumavky a přidejte na špičku špachtličky  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Potom přidejte několik špachtliček sody a zkumavku opatrně zahřejte.
3. Tabletou obsahující železo rozpustíte v kádince v malém množství vody. Tento roztok přelijte do dvou zkumavek. Do první dejte špachtličku  $2 \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}_2$  a pozorujte zbarvení roztoku. Do druhé zkumavky dejte plnou špachtličku sody a porovnejte vzniklé roztoky.

**Řešení :**

1. Místo kápnutí roztoku  $\text{FeCl}_3$  se zbarví nazeleno. Po promíchání zkumavky se roztok odbarví. Pokud přidáme větší množství roztoku, vznikne stále žlutozelené zbarvení. Toto zbarvení vysvětlíme přechodem železitých iontů na železnaté. Kyselina askorbová se oxiduje ve dvou stupních na kyselinu dehydroaskorbovou.
2. Po přidání skalice modré se roztok ve zkumavce zbarví nazeleno, po přidání sody a zahřátí se vytvoří červenohnědá sraženina jako při Fehlingově zkoušce na redukující cukr. Kyselina askorbová působí i v tomto pokuse jako redukční činidlo. Měďnaté ionty se v její přítomnosti redukují, vzniká oxid měďný, který způsobuje červenohnědé zbarvení roztoku.
3. V první zkumavce vzniklo po přidání peruhličitanu oranžové zbarvení. Po přidání sody v druhé zkumavce nenastala kromě tvorby plynu žádná změna. Kyselina askorbová v tabletce obsahující železo je potřebná na to, aby bylo železo v oxidačním čísle II. Tato forma je důležitá pro vstřebávání železa v tenkém střevě. Redukční vlastnosti kyseliny askorbové jsou tak silné, že přidání sody nevede ke srážení ani k oxidaci železnatých iontů. Peruhličitan sodný je však schopen železnaté ionty částečně oxidovat na železité.

**Závěr :** Kyselina askorbová oxiduje železité ionty na železnaté, které jsou pro organismus lépe vstřebatelné. Proto se podává železo a vitamín C dohromady v jednom preparátu.

**Poznámky pro učitele:** Zdůraznit význam vitamínu C pro zdraví člověka.

## 12 Stanovení jodu v jodové tinktuře

**Úkol :** Stanovte množství jodu v jodové tinktuře

**Pomůcky :** titrační aparatura, kuželovitá baňka, váhy, odměrný válec

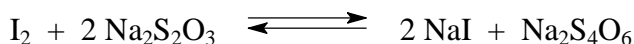
**Chemikálie :** jodová tinktura

**Postup :**

1. Do kuželovité baňky se zabroušenou zátkou odvažte 3 g jodové tinktury.
2. K jodové tinktuře v titrační baňce přidejte 1 g jodidu draselného a asi 20 cm<sup>3</sup> destilované vody.
3. Po promíchání titrujte odměrným roztokem Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (c=0,1 mol.dm<sup>-3</sup>) se známým faktorem do žlutého zbarvení.
4. Přidejte 5 cm<sup>3</sup> škrobového mazu a titrujte thiosíranem sodným dále, až se modrý roztok jednou kapkou odbarví.

**Řešení :** Lihový roztok jodu obsahuje 6,4–6,6 % volného jodu. Jod stanovujeme titrací odměrným roztokem thiosíranu sodného se známým faktorem.

Chemická rovnice titrace :



$$\text{Ar}(\text{I}) = 126,9 \quad F_t = 1$$

Z rovnice vyplývá, že 2 molekuly Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> odpovídají 2 I → 2 e<sup>-</sup>.

Ekvivalent jodu je roven molární hmotnosti = 126,9 g · mol<sup>-1</sup>.

1 cm<sup>3</sup> Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1 molu odpovídá 0,012690 jodu

Odvážili jsme 3 g jodové tinktury. Při titraci jsme spotřebovali 15,2 cm<sup>3</sup> 0,1 M Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ( f = 1,017 ).

Skutečná spotřeba je násobkem 15,2 · 1,017 = 15,46 cm<sup>3</sup>.

1 cm <sup>3</sup> Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,1 mol	odpovídá	0,01269 g jodu
15,46 cm <sup>3</sup> Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,1 mol	odpovídá	x g jodu

---

$$x = 15,46 \cdot 0,01269 = 0,1962 \text{ g} \quad \text{m( jodu)}$$

Obsah jodu v jodové tinktuře je :  $w(\text{jodu}) = \frac{\text{m( jodu)}}{\text{m( navážky)}}$

Jodová tinktura obsahuje 6,45 % jodu, tedy w=0,0645

Výpočet stanovované složky podle vztahu :

$$m_{(\text{jodu})} = V_{(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)} \cdot c_{(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)} \cdot F_t \cdot M_{(\text{jodu})}$$

$$m_{(\text{jodu})} = 0,0152 \cdot 0,01 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 126,9 = 0,1962 \text{ g}$$

**Závěr :** Jodová tinktura je běžně používaným desinfekčním prostředkem a obsahuje 6,5 % jodu. Hmotnostní zlomek jodu v jodové tinktuře je 0,065.

**Poznámky pro učitele:** Z lékárny namíchaná jodová tinktura obsahuje 6,5 g I<sub>2</sub> a 2,5 g KI ve 100 g tinktury.

## 13 Stanovení kyseliny acetylsalicylové v acylpyrinu

**Úkol :** Stanovte hmotnost kyseliny acetylsalicylové obsažené v jedné tabletě Acylpyrinu.

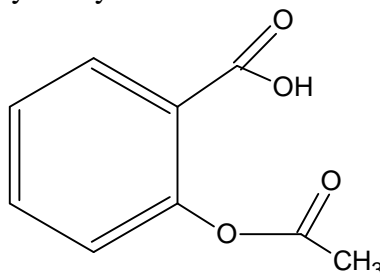
**Pomůcky :** Titrační aparatura, titrační baňky

**Chemikálie :** roztok NaOH ( $c=0,03 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), ethanol, Acylpyrin, acidobazický indikátor např. bromtymolová modř

**Postup :**

1. V odměrné baňce o objemu  $500 \text{ cm}^3$  rozpustíte 1 tabletu Acylpyrinu v  $25 \text{ cm}^3$  ethanolu a po jejím úplném rozpuštění doplňte vodou po rysku.
2. Do titrační baňky o objemu  $250 \text{ cm}^3$  odměřte  $100 \text{ cm}^3$  roztoku Acylpyrinu, přidejte 3 kapky indikátoru.
3. Byretu naplňte odměrným roztokem NaOH a nastavte meniskus na nulu.
4. Směs v titrační baňce titrujte odměrným roztokem NaOH do prvního trvale barevného zbarvení. Titraci proved'te celkem 3x.
5. Z průměrné spotřeby NaOH vypočítejte hmotnost kyseliny acetylsalicylové.

vzorec kys. acetylsalicylové



**Řešení :** Kyselina acetylsalicylová je slabá organická kyselina. Její  $pK_a = 3,5$  a  $pH$  v bodě ekvivalence je  $7,6$ . Vhodným barevným indikátorem je např. bromtymolová modř, fenolová červeň, neutrální červeň nebo fenolftalein (1-naftolftalein).

Na titraci vzorku bylo spotřebováno :

- 1.
- 2.
- 3.

Výpočet hmotnosti kyseliny acetylsalicylové ve vzorku

ze vztahu  $c_a \cdot V_a = c_b \cdot V_b$

kde a = kys. acetylsalicylová, b = NaOH

látkové množství kyseliny ze vztahu

$$n_a = c_a \cdot 500$$

hmotnost kyseliny ze vztahu

$$m_a = n_a \cdot M_a$$

$$M_a = 180 \text{ g.mol}^{-1}$$

**Závěr :** Většinou zjistíme, množství kyseliny acetylsalicylové v jedné tabletě acylpyrinu skutečně odpovídá hodnotě uvedené na obalu léku.

**Poznámky pro učitele:** Titraci kyseliny acetylsalicylové obsažené v Acylpyrinu lze provést také nepřímou. Tabletou rozpustíme v nadbytku hydroxidu sodného ( $10 \text{ cm}^3$ ) NaOH ( $c=1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) a  $30 \text{ cm}^3$  vody a zahříváme k varu pod zpětným chladičem po dobu 15 minut. Proběhnou dvě reakce : acidobazická mezi karboxylovou kyselinou a hydroxidem a saponifikace esteru hydroxidem. Získaný roztok obsahuje zbytek iontů  $\text{OH}^-$ , ionty  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  a ionty salicylátu. Pak tento roztok titrujeme roztokem HCl ( $c=0,5 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), pH v bodě ekvivalence je 7, použijeme jakýkoliv neutrální indikátor. Ze spotřeby HCl vypočítáme látkové množství nadbytečného hydroxidu. Látkové množství kyseliny acetylsalicylové vypočítáme jako rozdíl celkového látkového množství NaOH a zbytkového.



## 14 Stanovení obsahu kyseliny borité v borové vodě

**Úkol :** Stanovte obsah kyseliny borité ve vzorku a borové vodě z lékárny.

**Pomůcky :** váhy, titrační aparatura

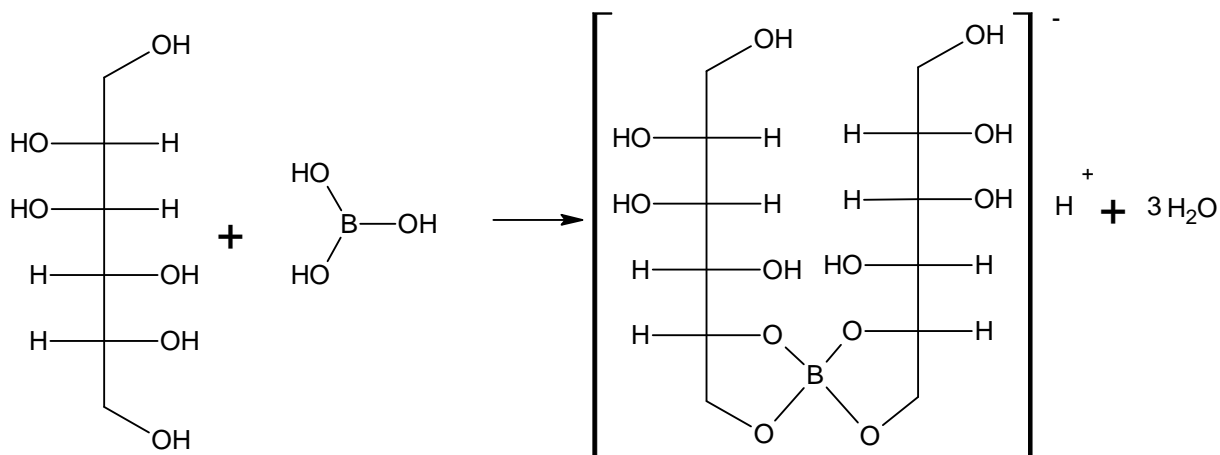
**Chemikálie :**  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , mannit, fenolftalein,  $\text{NaOH}$  ( $c=0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), borová voda

**Postup :**

1. Do titrační baňky odvažte 5 g kyseliny borité a rozpust'te ve  $20 \text{ cm}^3$  destilované vody bez  $\text{CO}_2$ .
2. Přidejte 5 g mannitu a asi 5 kapek fenolftaleinu.
3. Směs promíchejte a titrujte standardizovaným odměrným roztokem  $\text{NaOH}$  do trvale růžového zbarvení.
4. Stejný postup proveďte s  $20 \text{ cm}^3$  borové vody zakoupené v lékárně.

**Řešení :** Kyselina boritá  $\text{H}_3\text{BO}_3$  je velmi slabá kyselina, takže ji nelze stanovit přímou titrací ve vodném roztoku. Využívá se však její schopnosti tvořit s vícefunkčními alkoholy nebo cukry silnější komplexní kyseliny, jejichž disociační konstanty jsou o tři řády větší a lze ji titrovat na indikátor fenolftalein. Z alkoholů se osvědčily hlavně glycerin a mannit, které s kyselinou boritou vytváří komplexní jednosytnou kyselinu glycerinoboritou nebo mannitoboritou.

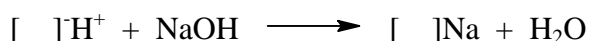
Chemická rovnice titrace při použití mannitu :



mannit

kys. boritá

kyselina mannitoboritá



$M_r(\text{H}_3\text{BO}_3) = 61,832$

$1 \text{ cm}^3 \text{ NaOH} \dots\dots\dots c = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3} \dots\dots\dots 1 \text{ cm}^3 \text{ H}_3\text{BO}_3$   
 $c = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3} \dots\dots\dots 0,0061832 \text{ g H}_3\text{BO}_3$

Výpočet :

Při titraci jsme spotřebovali 20,1 cm<sup>3</sup> NaOH

$$c = 0,1 \text{ mol.dm}^{-3} \quad f = 1,0133$$

Skutečná spotřeba je 20,1 · 1,0133 = 20,37 cm<sup>3</sup> NaOH  $c = 0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$

1 cm <sup>3</sup> NaOH	$c = 0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$	odpovídá	0,006186532 g H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
20,37 cm <sup>3</sup> NaOH	$c = 0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$	odpovídá	x g H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>

$$x = 20,37 \cdot 0,0061832 = 0,1260 \text{ g}$$

Navážili jsme 5 g H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>. Obsah H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> ve vzorku vypočteme:

$$w(\text{H}_3\text{BO}_3) = \frac{m(\text{H}_3\text{BO}_3)}{m(\text{navážky})}$$

$$w(\text{H}_3\text{BO}_3) = \frac{0,1260}{5} = 0,0252$$

Roztok H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> je 2,52 % (hmotnostní zlomek kyseliny borité v roztoku je 0,0252).

Výpočet stanovované složky podle vztahu :

$$m(\text{H}_3\text{BO}_3) = V_{(\text{NaOH})} \cdot c_{(\text{NaOH})} \cdot F_t \cdot M_{(\text{H}_3\text{BO}_3)}$$

$$m(\text{H}_3\text{BO}_3) = 0,0201 \cdot 0,1 \cdot 1,0133 \cdot 1 \cdot 61,832 = 0,126 \text{ g}$$

Výsledek porovnejte s výpočtem obsahu H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> v borové vodě z lékárny.

**Závěr :** Kyselina trihydrogenboritá je velmi slabá kyselina a používá se v lékařství, hlavně na vymývání oka. Čistá voda není dlouhodobě pro používání vhodná, dokázelo by k maceraci tkání. Tkáně potřebují slabě kyselé prostředí, v zásaditém dochází k nevratným změnám - ke zmýdelňování tkání.

Zakoupená borová voda z lékárny by měla být 3%.

**Poznámky pro učitele:** Vzhledem k složitějšímu výpočtu a organickým sloučeninám doporučuji tuto úlohu provádět se žáky chemického semináře.

## 15 Stanovení obsahu síranu zinečnatého v očních kapkách

**Úkol :** Stanovte obsah síranu zinečnatého v očních kapkách

**Pomůcky :** titrační aparatura ( pokud možno mikrobyreta ), titrační baňka, váhy

**Chemikálie :** oční kapky ( Collyrium zinci sulfurici ), methylthymolová modř, dusičnan draselný, methenamin, roztok Chelatonu 3 ( $c=0,05 \text{ mol.dm}^{-3}$ )

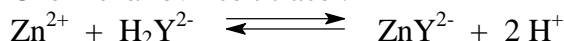
**Postup :**

1. Odvažte 10 g očních kapek do titrační baňky a zřed'te je  $50 \text{ cm}^3$  destilované vody.
2. Přidejte methylthymolovou modř s dusičnanem draselným, 0,5 g methenaminu.
3. Roztok promíchejte a titrujte odměrným roztokem Chelatonu 3.
4. Ze spotřeby odměrného roztoku Chelatonu 3 vypočítejte obsah a procentové složení collyria.

**Řešení :** Collyrium zinci sulfurici – oční kapky se síranem zinečnatým mají obsahovat

0,22–0,28 % heptahydrátu síranu zinečnatého.

Chemická rovnice titrace :



$$\text{Mr}(\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}) = 287,55 \quad F_t = 1$$

$1000 \text{ cm}^3 \text{ CH } 3$	1 mol	odpovídá	$1000 \text{ cm}^3 \text{ ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	1 M	287,55 g
$1000 \text{ cm}^3 \text{ CH } 3$	0,05 mol	odpovídá	$1000 \text{ cm}^3 \text{ ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$		0,05 M
					14,3775 g
$1 \text{ cm}^3 \text{ CH } 3$	0,05 mol	odpovídá	$1 \text{ cm}^3 \text{ ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$		0,05 M
					0,0143775

gK titraci 10 g očních kapek jsme spotřebovali  $1,9 \text{ cm}^3$  0,05 mol Chelatonu 3 ( $f = 0,9925$ ).

Skutečná spotřeba je  $1,9 \cdot 0,9925 = 1,89 \text{ cm}^3$

$1 \text{ cm}^3 \text{ CH } 3$  0,05 mol odpovídá  $0,0143775 \text{ g ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

$1,89 \text{ cm}^3 \text{ CH } 3$  0,05 mol odpovídá  $x \text{ g ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$

---


$$x = 1,89 \cdot 0,0143775 = 0,0271 \text{ g}$$

$m (\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O})$

Obsah  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  v roztoku :  $w (\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}) = m (\text{navážky})$

$$w(\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}) = \frac{0,0271}{10,0115} = 0,0027$$

Roztok očních kapek je 0,27 % (hmotnostní zlomek je 0,0027).

Výpočet stanovované složky podle vztahu :

$$m(\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}) = V(\text{CH}) \cdot c(\text{CH}) \cdot F_t \cdot M(\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O})$$
$$m(\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}) = 0,0019 \cdot 0,05 \cdot 0,09925 \cdot 1 \cdot 287,55 = 0,0271 \text{ g}$$

**Závěr :** Tyto kapky se míchají přímo v lékárně. Množství síranu zinečnatého odpovídá předpisu.

**Poznámky pro učitele:** Kapky jsou míchané, je lepší zkusit s nějakou prodávanou emulzí. Mast se špatně kvantitativně analyzuje, postup je pro žáky složitější. Úlohu doporučuji pro žáky semináře vzhledem k složitějšímu výpočtu.

## **4.7.7 Využití mikroskopu v analytické chemii**

### **1 Mikrokrytaloskopie**

# 1 Mikrokrytaloskopie

**Úkol :** Pod mikroskopem pozorujte tvary krystalů některých sloučenin – produktů několika reakcí.

**Pomůcky :** mikroskop, podložní sklíčka, pipetky

**Chemikálie :** roztok  $\text{AgNO}_3$ , destil. $\text{H}_2\text{O}$ , štěpinky mědi, roztok vápenné soli, zřed'.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  konc.  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , Lugolův roztok,  $\text{NaOH}$  ( $w=0,05$ ), ethanol, aceton, ethanolový roztok kys. octové, ethanolový roztok  $\text{AgNO}_3$ , roztok kys. mléčné ( $w=0,01$ ), krystalky  $\text{ZnCO}_3$  nebo  $\text{ZnO}$

**Postup :**

- 1. Důkaz přítomnosti stříbra ve sloučenině**  
Na podložní sklíčko s jamkou naneste pipetkou kapku roztoku  $\text{AgNO}_3$ . Skleněným vláknem navlhčeným destilovanou  $\text{H}_2\text{O}$ , přeneste na okraj kapky malou štěpinku mědi. Preparát přeneste pod mikroskop a zaostřete na měděnou štěpinku. Již při malém zvětšení lze pozorovat narůstání stromečkově se větvících krystalických útvarů elementárního stříbra.
- 2. Důkaz vápníku jako síranu vápenatého**  
Na podložní sklíčko s jamkou naneste kapku vápenaté soli a k ní přidejte kapku zředěné  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Po chvíli začnou narůstat typické bezbarvé útvary jednoklonných krystalů sádrovce (dihydrát síranu vápenatého). Viditelnost je lepší při větším clonění.
- 3. Důkaz stříbra jako dichroman stříbrný**  
Na podložní sklíčko naneste kapilární pipetkou kapku roztoku  $\text{AgNO}_3$  ( $w=0,01$ ). Vedle naneste kapku koncentrované  $\text{HNO}_3$ . Skleněným vláknem obě kapky spojte a promíchejte. Jiným skleněným vláknem přidejte opatrně krystalek  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Preparát zasuňte pod objektiv a ihned pozorujte. Dichroman draselný se postupně rozpouští a vznikají červené jednoklonné krystalky dichromanu stříbrného.
- 4. Jodoformová zkouška**  
Na podložní sklíčko s jamkou naneste kapku silně zředěného vodného roztoku ethanolu. Ke vzorku přikápněte kapku roztoku  $\text{NaOH}$  ( $w=0,05$ ) a kapku Lugolova činidla. Pokud nevznikne ihned sraženina, sklíčko opatrně zahřejte. Sraženinu několikrát promyjte destilovanou vodou tak, že přidáte vždy kapku destilované vody, promícháte a část vody odsajete filtračním papírem. Po chvíli pozorujte jasně žluté útvary jodoformu. Reakci můžete provést také s acetonem, isopropylalkoholem (propan-2-ol) nebo isobutylalkoholem (butan-2-ol).
- 5. Stříbrné soli monokarboxylových kyselin**  
Na podložní sklíčko s jamkou naneste kapku silně zředěného vodného nebo ethanolového roztoku kyseliny octové (nebo jiné monokarboxylové kyseliny). Přidejte kapku ethanolového roztoku dusičnanu stříbrného. Začnou se rychle tvořit kostrovité útvary soli příslušné kyseliny. Pokud použijete více vzorků kyselin, porovnejte tvary krystalů solí pozorovaných monokarboxylových kyselin.

### 6. Důkaz kyseliny mléčné jako mléčnanu zinečnatého

Na podložní sklíčko s jamkou naneste kapku vodného roztoku kyseliny mléčné ( $w=0,01$ ). Skleněným vláknem přidejte několik drobných krystalků  $ZnCO_3$  nebo  $ZnO$ . Promíchejte a nechte reagovat 10 až 20 minut. Vyloučí se bezbarvé ježkovité shluky krystalů trihydrátu mléčnanu zinečnatého.

#### Reakce :

1.  $AgNO_3 + Cu \longrightarrow Ag + CuNO_3$
2.  $Ca(OH)_2 + H_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4 \cdot 2 H_2O$
3.  $2 AgNO_3 + K_2Cr_2O_7 \longrightarrow Ag_2Cr_2O_7 + 2 KNO_3$
4.  $CH_3CH_2OH + 6 NaOH + 4 I_2 \longrightarrow CHI_3 + HCOONa + 5 NaI + 5 H_2O$
5.  $CH_3COOH + AgNO_3 \longrightarrow CH_3COOAg + HNO_3$

#### Řešení :

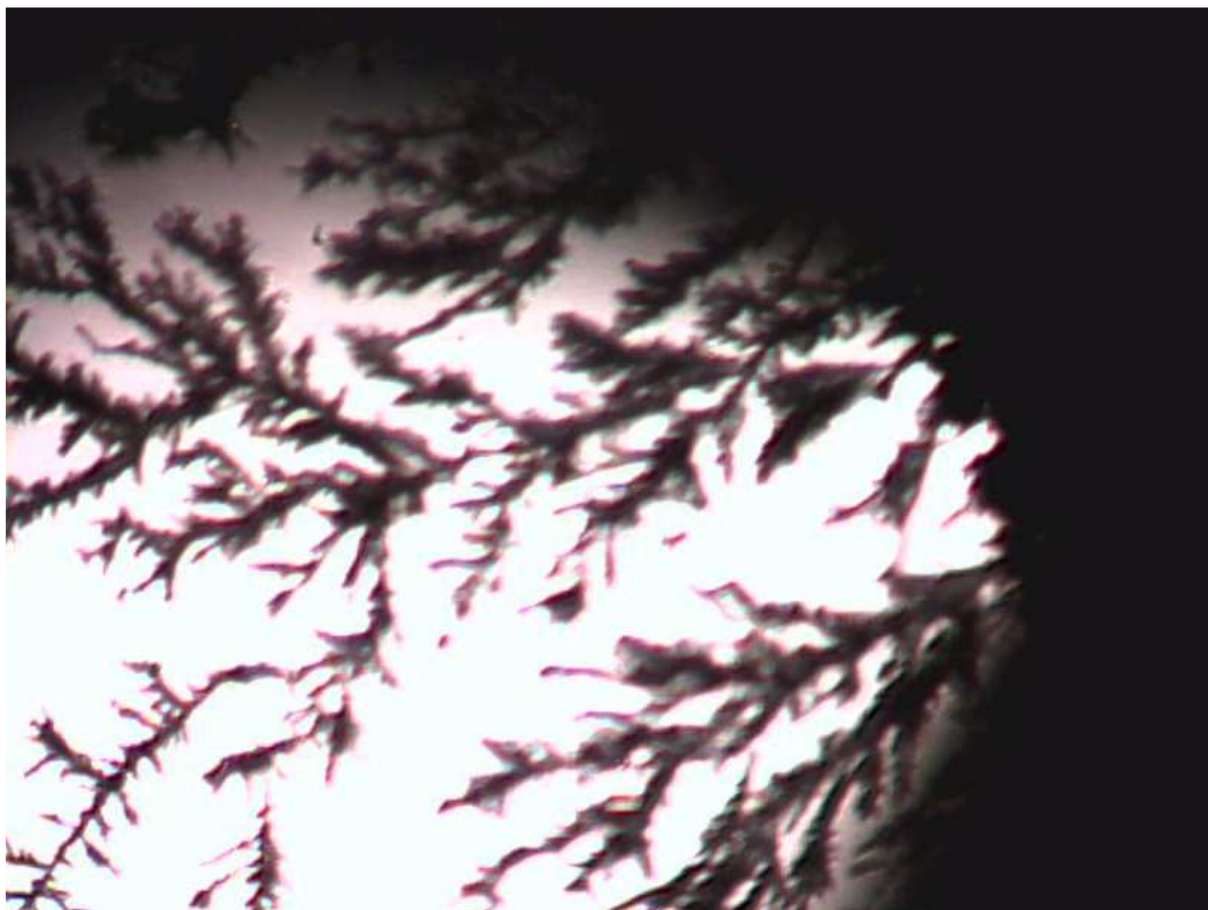


Foto 16: Důkaz přítomnosti stříbra ve sloučenině



Foto17 a 18: Důkaz stříbra jako dichromanu stříbrného na začátku a na konci reakce







**Foto 19: Důkaz vápníku jako síranu vápenatého**

**Závěr :** Přínosem je pozorovat krystaly chemických látek, protože krystalová mřížka, ve které látky krystalují je jednou z fyzikálních charakteristik látek. Použité zvětšení bylo 400x.

**Poznámky pro učitele:** Doporučuji připravit žáky jako demonstrační pokusy s použitím promítacího zařízení (kamerou do počítače nebo televize, podle vybavení školy).

#### **4.7.8 Některé fyzikálně chemické metody v jednoduchém uspořádání**

- 1 Kolorimetrie 1**
- 2 Kolorimetrie 2**
- 3 Spektroskopie**
- 4 Refraktometrie**
- 5 Polarimetrie**
- 6 Elektrografie**
- 7 Elektrogravimetrie**
- 8 Konduktometrie**
- 9 Potenciometrie**
- 10 Měření pH pomocí dataloggeru**

# 1 Kolorimetrie 1

**Úkol :** Zjistěte kolorimetricky koncentraci neznámého vzorku roztoku  $\text{CuSO}_4$ .

**Pomůcky :** optická lavice používaná ve výuce fyziky nebo 3 stojany s držáky, světelný zdroj k optické lavici nebo lampa k mikroskopu nebo kapesní svítilna se štěrbinou vymezující světelné paprsky zdroje – kruhová, 11 stejně velkých zkumavek se zátkami, stojánek na zkumavky, list bílého papíru, dělená pipeta ( $10 \text{ cm}^3$ ), milimetrové měřítko

**Chemikálie :** roztok  $\text{CuSO}_4$  ( $c=0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), vzorek s roztokem  $\text{CuSO}_4$  o konc. v rozmezí  $c = 0,09 \text{ mol.dm}^{-3}$  až  $c = 0,02 \text{ mol.dm}^{-3}$

**Postup :**

1. Do série deseti stejně velkých zkumavek odměřte různé objemy roztoku  $\text{CuSO}_4$  podle tabulky. Zkumavky podložte listem bílého papíru a změřte výšky sloupců roztoků v jednotlivých zkumavkách.
2. Roztoky ve zkumavkách pozorujte shora a do tabulky zaznamenejte rozdílnou hustotou šrafování nebo tečkování rozdíly v sytosti zbarvení roztoků v jednotlivých zkumavkách. Závisí sytost zbarvení roztoku na výšce jeho vrstvy?
3. Podle údajů v tabulce doplňte roztoky ve zkumavkách destil.  $\text{H}_2\text{O}$ . Zkumavky zazátkujte a roztoky v nich několikerým překlopením promíchejte. Do tabulky doplňte hodnoty koncentrací roztoků ve zkumavkách takto připravené kolorimetrické škály a opět graficky vyjádřete rozdílnou sytost zbarvení roztoků ve zkumavkách. Závisí sytost zbarvení roztoků na jejich koncentraci?
4. Do zkumavky shodné se zkumavkami kolorimetrické škály nalijte  $10 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{CuSO}_4$  o koncentraci, jejíž hodnotu neznáte. Porovnáním sytosti zbarvení roztoku v této zkumavce se sytostí zbarvení roztoků kolorimetrické škály stanovte koncentraci roztoku vzorku. Rozpracováno dle /Beneš a kol.1986/.

**Řešení :** **Tabulka 12: Závislost sytosti zbarvení roztoku  $\text{CuSO}_4$  na tloušťce vrstvy a konc. roztoku**

Zkumavka číslo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Objem roztoku $0,1\text{M CuSO}_4$ v $\text{cm}^3$	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
Výška sloupce v mm										
Sytost zbarvení roztoku v závislosti na výšce vrstvy										
Přidání destil. $\text{H}_2\text{O}$ v $\text{cm}^3$	9,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	0,0
Koncentrace roztoku po zředění v $\text{mol. dm}^{-3}$	0,01									0,1
Sytost zbarvení roztoků v závislosti na koncentraci										

**Závěr :** Kolorimetrie je použitelná metoda u některých látek a jejich koncentrací, kde rozdíl v intenzitě zbarvení je dobře postřehnutelný. Při velmi nízkých koncentracích je tato metoda již nepoužitelná.

**Poznámky pro učitele:** Kolorimetricky můžeme stanovit jakoukoliv silně absorbující látku, to znamená látku, jejíž zbarvení je dobře postřehnutelné i při velkých zředěních, např.  $K_2CrO_4$ ,  $CuSO_4$ , jód. Nemůže to být jakákoliv barevná látka, protože málo absorbující látky bychom pouhým okem nebyli schopni pouhým okem stanovit. Takové roztoky stanovujeme spektrofotometricky.

## 2 Kolorimetrie 2

**Úkol :** Kolorimetricky stanovte koncentraci  $\text{KMnO}_4$  ve vzorku.

**Pomůcky :** pět odměrných baněk ( $25 \text{ cm}^3$ ), odměrná baňka  $250 \text{ cm}^3$ , sedm stejných zkumavek, stojan na zkumavky, kádinka ( $50 \text{ cm}^3$ ), pipeta nedělená ( $5 \text{ cm}^3$ ), skleněná tyčinka, lihový fix, stříčka s destil.  $\text{H}_2\text{O}$

**Chemikálie :** pevný  $\text{KMnO}_4$ , destil.  $\text{H}_2\text{O}$ , vzorek v odměrné baňce ( $25 \text{ cm}^3$ )

**Postup :**

1. Navažte  $0,4 \text{ g}$   $\text{KMnO}_4$  a kvantitativně převed'te do odměrné baňky o objemu  $250 \text{ cm}^3$  a doplňte po rysku destilovanou vodou a promíchejte. Je to standardní roztok (zároveň kalibrační roztok 1) manganistanu draselného.
2. Odpipetujte  $5 \text{ cm}^3$  standardního roztoku  $\text{KMnO}_4$  do první odměrné baňky o objemu  $25 \text{ cm}^3$  a doplňte po rysku destilovanou vodou. Tím jste připravili kalibrační roztok 2.
3. Z roztoku 2 odpipetujte  $5 \text{ cm}^3$  do další odměrné baňky o objemu  $25 \text{ cm}^3$ , doplňte destilovanou vodou po rysku a připravili jste tak kalibrační roztok 3.

Ten použijete na přípravu kalibračního roztoku 4 a tak dále, až budete mít připraveno 6 kalibračních roztoků.

4. Neznámý vzorek v odměrné baňce doplňte destilovanou vodou po rysku.
5. Připravte si šest očíslovaných stejných zkumavek. Do každé z nich odpipetujte  $5 \text{ cm}^3$  z každého kalibračního roztoku. Do sedmé zkumavky odpipetujte  $5 \text{ cm}^3$  vzorku.
6. Zrakem porovnejte zbarvení vzorku s připravenou kalibrační škálou. Roztoky pozorujte shora proti bílému prostředí.
7. Vypočítejte koncentraci  $\text{KMnO}_4$  v připravených kalibračních roztocích.
8. Určete koncentraci  $\text{KMnO}_4$  ve vzorku po doplnění na  $25 \text{ cm}^3$ .

**Řešení :** Koncentrace roztoku  $\text{KMnO}_4$  v prvním kalibračním roztoku

$$c = \frac{m(\text{KMnO}_4)}{M(\text{KMnO}_4) \cdot V} = 0,01 \text{ mol.dm}^{-3}$$

Při každém dalším ředění je koncentrace následujícího roztoku pětkrát menší než koncentrace roztoku předchozího.

**Tabulka 13: Koncentrace kalibračních roztoků :**

Kalibrační roztok	1	2	3	4	5	6
Koncentrace ( $\text{mol.dm}^{-3}$ )	0,01	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$8,0 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-6}$

**Závěr :** Kolorimetrické stanovení  $\text{KMnO}_4$  je výhodné při velkých zředěních manganistanu. Absorbance (míra zředění roztoku) je lineárně závislá na koncentraci absorbující složky.  
Pokud nepracujeme přesně je těžké rozhodnout, kterému kalibračnímu roztoku vzorek odpovídá.

**Poznámky pro učitele:** Kolorimetricky můžeme stanovit jakoukoliv silně absorbující látku, to znamená látku, jejíž zbarvení je dobře postřehnutelné i při velkých zředěních, např.  $K_2CrO_4$ ,  $CuSO_4$ , jód. Nemůže to být jakákoliv barevná látka, protože málo absorbující látky bychom pouhým okem nebyli schopni pouhým okem stanovit. Takové roztoky stanovujeme spektrofotometricky.

Absorbance A je definována jako záporný logaritmus transmitance T. Transmitance (propustnost) je poměr intenzity světla prošlého vzorkem a intenzity původního světla.

$$A = -\log T = -\log \frac{I}{I_0}$$

Lambertův – Beerův zákon vyjadřuje závislost absorbance roztoku na molární koncentraci přítomné látky (c) a délce kyvety (l). Délka kyvety je vlastně vrstva roztoku, kterou světlo prochází. Konstantou úměrnosti je molární extinkční koeficient  $\epsilon$ , který je konstantou pro určitou látku a vlnovou délku prošlého světla a udává, jak daná látka při dané vlnové délce absorbuje.

$$A = \epsilon \cdot l \cdot c$$

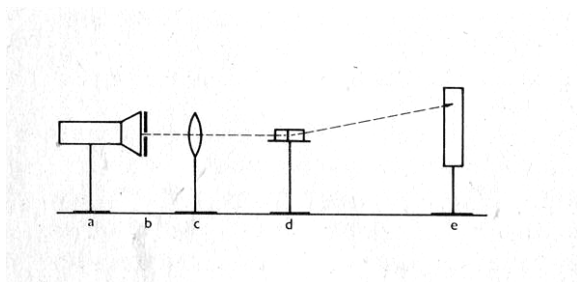
### 3 Spektroskopie

- Úkol :** Podle obrázku sestavte model spektroskopu porovnejte světlo procházející barevným filtrem a pak postupně vzorky se spektrem světla ze zdroje přístroje.
- Pomůcky :** čočka (spojka) s držákem, optický hranol, kladívková čtvrtka, optické filtry nebo filtry pro fotografii – modrý, žlutý (popř. zelený a červený), barevné tužky
- Chemikálie :** roztok  $\text{CuSO}_4$  ( $c=0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), vzorek s roztokem  $\text{CuSO}_4$  o konc. v rozmezí  $c = 0,09 \text{ mol.dm}^{-3}$  až  $c = 0,02 \text{ mol.dm}^{-3}$
- Postup :**
1. Podle schématu na obrázku sestavte model spektroskopu.
  2. Zapněte zdroj světla a jednotlivé části modelu seřídte tak, aby světlo procházelo čočkou i hranolem. Pozvolným otáčením stolečku s hranolem umístíte spektrum na bílou projekční plochu. Opatrným posouváním čočky spektrum na projekční ploše zaostřete.
  3. Za štěrbinou světelného zdroje přidržte modrý filtr a porovnejte spektrum tohoto světla se spektrem světla ze zdroje přístroje. Stejný pokus provedte se žlutým, popř. i se zeleným a červeným filtrem. Zjištěná spektra zakreslete barevnými tužkami.
  4. Postupně za štěrbinu světelného zdroje umístíte zkumavky připravené podle úlohy 1 a porovnejte tato spektra se spektrem zdroje.
  5. Podle učebnice fyziky si zopakujte, co jsou spektra, jak je dělíme a k čemu se využívají.
- Řešení :** **Optická spektra** jsou spektra studovaná v infračervené, viditelné a ultrafialové oblasti vlnových délek. Příkladem optického spektra v přírodě je duha. Bílé sluneční světlo dopadá na vodní kapky ve vzduchu, ty působí jako hranoly, které rozkládají světlo na barevné složky. Lomem bílého světla vzniká soustava barevných pruhů, které do sebe plynule přecházejí – spojité spektrum. Všechny látky zahřáté na určitou teplotu a uvedené do vybuzeného stavu (el. výbojem) vysílají charakteristické záření, jehož rozkladem vzniká **emisní** spektrum. Pevné látky vyzařují světlo všech vlnových délek – výsledkem je spojité emisní spektrum. Volné atomy v plynném stavu vyzařují hlavně viditelné a ultrafialové záření – výsledkem jsou atomová čárová spektra. Jejich vzhled určuje atomová struktura prvku i vnější vlivy (teplota, tlak, elektrické a magnetické pole). Spektra atomů s dvěma a více elektrony ve valenční vrstvě jsou složitější a některé čáry splývají v pásy. Atomová spektra **absorpční** jsou projevem pohlcení záření určitých vlnových délek, což je pro jednotlivé látky charakteristické.
- Závěr :** Spektroskopické metody jsou významnou skupinou metod chemické analýzy. Spektrální metody jsou vysoce citlivé a lze je snadno demonstrovat, poskytují možnosti dálkové analýzy (astronomie). Pozorování duhy, barevných světlic, bengálských ohňů, zábavné pyrotechniky je vlastně využití těchto metod mimo vědu. V analytické chemii používáme tyto metody při identifikaci prvků V.analytické třídy –

plamenové zkoušky. Zjednodušený funkční model spektroskopu nám tyto metody více přiblíží.

**Model spektroskopu /Beneš a kol.1986/:**

**a** zdroj světla, **b** štěrba tvaru I,  
**c** čočka spojka,  
**d** podložka s optickým hranolem,  
**e** projekční deska z pevného bílého papíru





## 4 Refraktometrie

**Úkol :** Podle modelu sestavte model refraktometru.

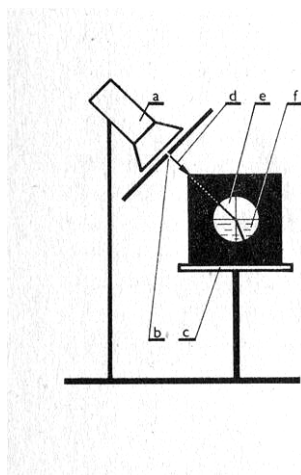
**Pomůcky :** speciální kyveta, úhloměr

**Chemikálie :** roztok sacharózy ( $w=0,05$ ), ( $w=0,1$ ), ( $w=0,2$ )

**Postup :**

1. Sestavte modelovou aparaturu dle obrázku. Kyvetu naplňte roztokem sacharózy ( $w=0,05$ ) do té výše, aby hladina roztoku byla v úrovni vodorovné rysky v kyvetě. Kyvetu a zdroj světla uveďte do takové polohy, aby světelné paprsky procházely boční štěrbinou kyvety do středu kříže označeného na kyvetě.
2. Pozorujte lom světelných paprsků, úhloměrem změřte a zaznamenejte úhly, které svírají dopadající a procházející paprsky se svislou osou označeného kříže.
3. Pokus opakujte s roztokem sacharózy ( $w=0,1$ ) a ( $w=0,2$ ). Výsledky rovněž zaznamenejte.
4. Ze změřených hodnot úhlů dopadu a lomu světelných paprsků vypočítejte indexy lomu pro jednotlivé hodnoty hmotnostních zlomků sacharózy v roztocích.

**Schéma modelu refraktometru /Beneš a kol 1986/:**



**Model refraktometru :** **a** zdroj světla, **b** štěrbina tvaru I, **c** podložka s kyvetou, **d** světelný paprsek, **e** kyveta (na její vnější stěně je přilepen papír, který jedné stěně kruhový výřez pro pozorování lomu světelného paprsku, v kruhovém výřezu je na označen osový kříž umožňující odečtení úhlu úhlu lomu světelného paprsku), **f** roztok sacharózy.

**Závěr :** Prokázali jsme závislost mezi indexem lomu a hmotnostním zlomkem sacharózy v měřeném vzorku.

## 5 Polarimetrie

**Úkol :** Polarimetricky rozlište D-glukózu a L-glukózu.

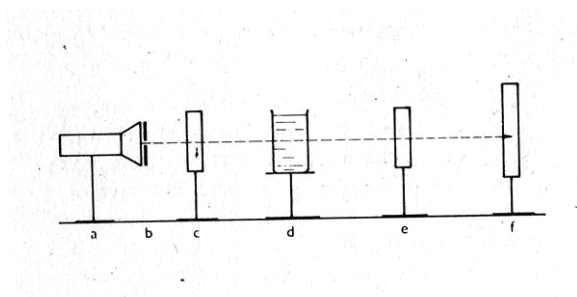
**Pomůcky :** 2 polarizační filtry nebo fólie, kyveta, kladívková čtvrtka

**Chemikálie :** roztok D-glukózy ( $w=0,1$ ), roztok L-glukózy ( $w=0,1$ )

**Postup :**

1. Sestavte model polarimetru podle schématu na obrázku.
2. Druhým polarizačním filtrem pozvolna otáčejte a současně na projekční desce sledujte změny v propustnosti světla.
3. Polarizační filtry nastavte tak, že jimi prochází maximum světla. Potom kyvetu naplňte nejdříve vodou, potom roztokem D-glukózy a nakonec roztokem L-glukózy. Ve všech případech sledujte, zda kapalina v kyvetě ovlivňuje propustnost polarizovaného světla (zda zorné pole tmavne či nikoliv). Pokud zorné pole tmavne, zjistěte, kterým směrem je nutno otočit druhý polarizační filtr, aby bylo zorné pole opět světlé.

**Řešení :**



**Model polarimetru :** **a** zdroj světla, **b** kruhová štěrbina, **c** polarizační filtr (polarizátor), **d** podložka s kyvetou, druhý polarizační filtr (analyzátor), **f** bílá projekční deska z pevného papíru /Beneš a kol.1986/

**Závěr :** Modelem polarimetru se podařilo rozlišit látku opticky inaktivní (vodu), pravotočivou i levotočivou.

## 6 Elektrografie

**Úkol :** Analyzujte vzorek slitiny pomocí elektrografie.

**Pomůcky :** plochá baterie o napětí 4,5V, spojovací drátky s banánky, 3 kovové svorky, hliníkový plech (asi 50 mm x 100 mm), dřevěná deska (asi 60 mm x 120 mm), filtrační papír

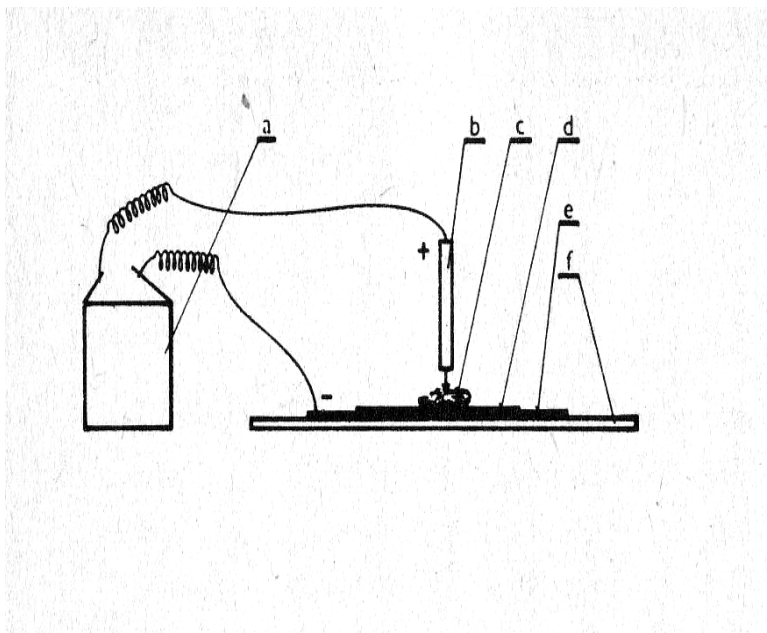
**Chemikálie :** roztok  $\text{KNO}_3$  ( $w=0,1$ ), vzorek kovové slitiny (bronz, mosaz, pájka, mince) nebo nerostu (magnetit, galenit), skupinová činidla

**Postup :**

1. K hliníkové elektrodě připojte záporný pól (katoda) ploché baterie (4,5 V) a položte na ni filtrační papír navlhčený v roztoku  $\text{KNO}_3$ . Na papír přitiskněte vzorek a k němu těsně přiložte kovovou elektrodu připojenou ke kladnému pólu baterie (anoda). Mezi elektrodami probíhá elektrolýza.
2. Elektrický proud nechte působit 3 až 5 minut, ze vzorku se uvolňují kationy kovů a pohybují se směrem k hliníkové katodě s navlhčeným papírem. Kationy zachycené na papíru pak dokažte příslušnými činidly. Pokud bude důkaz málo výrazný, nechte elektrický proud procházet delší dobu.

Hledané ionty zjistíte tak, že činidlo kápnete přímo na papír. Papír můžete rozstříhat na kousky a na každý použít jiné činidlo nebo navrstvit na sebe několik vrstev papírů prosycených elektrolytem a exponovat delší dobu. Po rozebrání vrstvy se na každém papíře stanoví jeden ion.

**Schéma modelu elektrografu /Beneš a kol.1986/:**



**Schéma elektrografie**  
**a**-zdroj stejnosměrného elektrického napětí (baterie), **b**-anoda měděný drát, **c**-vzorek, **d**-filtrační papír s roztokem elektrolytu, **e**-katoda z hliníkového plechu), **f**-dřevěná podložka

**Závěr :** Elektrografie je jednoduchá metoda chemické analýzy, která se uplatňuje především při zjišťování složení slitin kovů a složení minerálů. Podstatou metody je elektrolýza.

## 7 Elektrogravimetrie

**Úkol :** Elektrogravimetricky zjistěte hmotnost mědi ve vzorku síranu měďnatého.

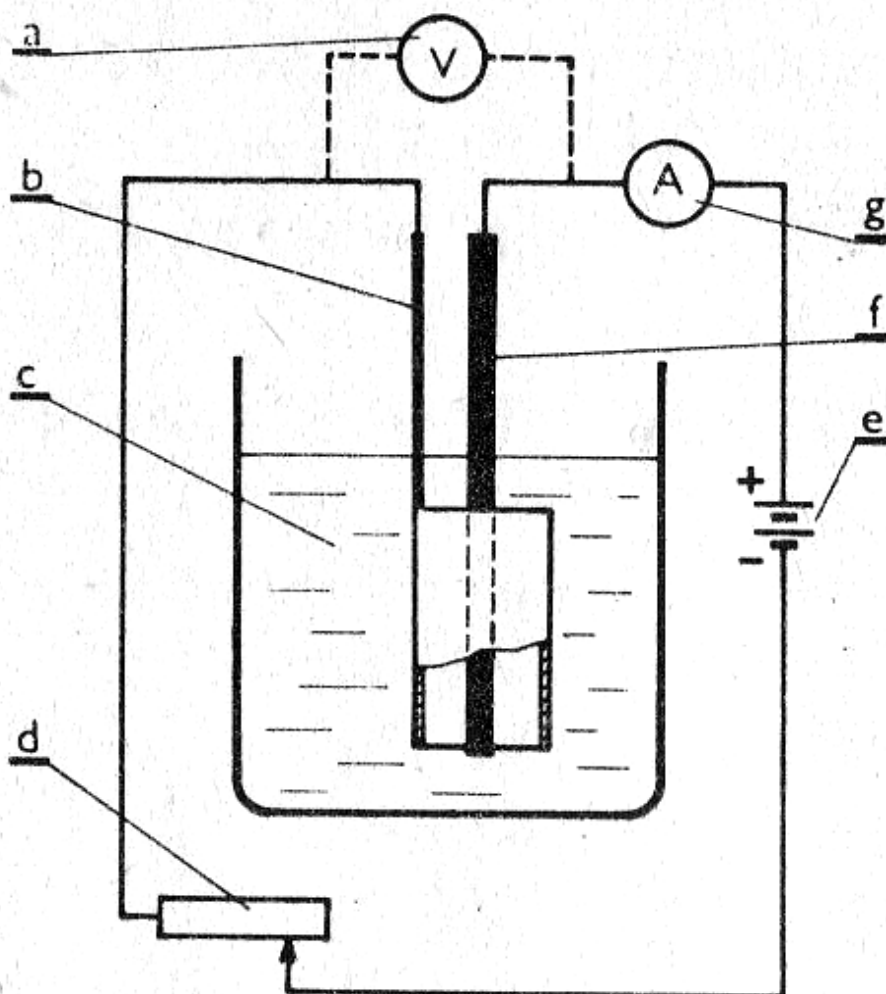
**Pomůcky :** kádinka 250 cm<sup>3</sup>, pipeta, odměrný válec 100 cm<sup>3</sup>, odměrný válec 10 cm<sup>3</sup>, elektromagnetická míchačka a míchadélko, váhy, stojan s držákem, elektrická svorky, spojovací dráty, zdroj stejnosměrného el. napětí 2 V až 2,5 V, ampérmetr, voltmetr, reostat, měděná elektroda, uhlíková elektroda, kapkovací destička, kapátko, teploměr (0–100°C), elektrický vysoušeč vlasů nebo infralampa

**Chemikálie :** vzorek roztoku CuSO<sub>4</sub> (c=0,01 mol.dm<sup>-3</sup>), roztok H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (w=0,1), roztok NH<sub>3</sub> (w=0,05)

**Postup :**

1. Do kádinky odměřte 100 cm<sup>3</sup> roztoku CuSO<sub>4</sub> (c=0,01 mol.dm<sup>-3</sup>) a okyselte ho 10 cm<sup>3</sup> roztoku H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Kádinku s roztokem položte na elektromagnetickou míchačku, vložte do ní míchadélko a roztok zahřejte na teplotu 60–70°C.
2. Na vahách zvažte hmotnost čisté válcovité měděné elektrody a zavěšte ji spolu s uhlíkovou elektrodou do vzorku v kádince tak, aby nedošlo k dotyku obou elektrod.
3. Měděnou elektrodu připojte spojovacími vodiči k zápornému pólu a uhlíkovou elektrodu připojte ke kladnému pólu zdroje stejnosměrného napětí 2 V až 2,5 V při hodnotě elektrického proudu 1,5 A až 2 A. Aparaturu dokončete podle schématu.
3. Při uvedené teplotě a za stálého míchání roztokem nechte probíhat elektrolýzu asi 20 minut. Pak odeberte z roztoku 2 až 3 kapky na kapkovací destičku a ověřte přidáním kapky amoniaku, zda roztok v kádince již neobsahuje měďnaté ionty. Je-li důkaz měďnatých iontů amoniakem pozitivní, v elektrolýze pokračujte.
4. Pokud již roztok v kádince neobsahuje měďnaté ionty, elektrolýzu ukončete, katodu opláchněte ethanolem a nechte vyschnout (sušení urychlete vysoušečem vlasů nebo infralampou). Hmotnost suché elektrody s vyloučenou mědí změřte a zaznamenejte.
5. Z rozdílu hmotností katody po elektrolýze a před ní vypočítejte hmotnost mědi v použitém objemu roztoku síranu měďnatého. Z takto zjištěné hodnoty vypočítejte přesnou koncentraci CuSO<sub>4</sub> v použitém vzorku.

**Schéma modelu elektrogravimetrie /Beneš a kol 1986/:**



**Elektrogravimetrie :**

**a**-voltmetr, **b**-měděná elektroda z plechu ve tvaru válce, **c**-kádinka s roztokem měďnaté soli, **d**-reostat, **e**-zdroj stejnosměrného elektrického napětí, **f**-uhlíková elektroda, **g**-ampérmetr

**Závěr :**

Elektrogravimetrie je metoda, při které se zkoumaná látka kvantitativně vylučuje z roztoku elektrolýzou na elektrodách a množství látky v roztoku se určuje z přírůstku hmotnosti elektrod po skončení elektrolýzy. Tato metoda se používá ke stanovení prvků prvních tří analytických tříd, které se při elektrolýze vylučují na elektrodách jako pevně lpící povlaky. Nejlépe se stanovuje měď, stříbro, kobalt, nikl, zinek na katodě a na anodě olovo jako oxid olovičitý nebo mangan jako oxid manganičitý.

## 8 Konduktometrie

**Úkol :** Konduktometricky určete, jakou hodnotu koncentrace mají vzorky.

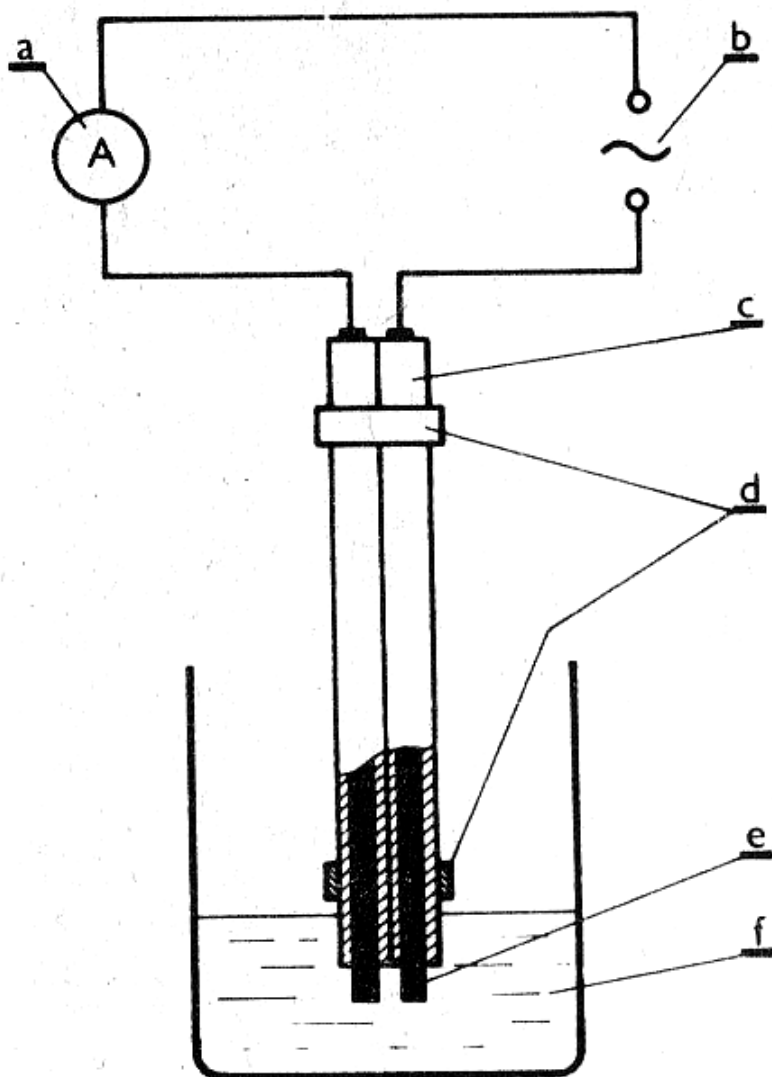
**Pomůcky :** zdroj střídavého elektrického napětí 9 V až 12 V, ampérmetr na střídavý elektrický proud, 2 uhlíkové elektrody, 3 spojovací dráty zakončené banánky, 4 kovové svorky, 6 kádinek ( $100\text{ cm}^3$ ), odměrný válec ( $50\text{ cm}^3$ ), dělená pipeta ( $10\text{ cm}^3$ ), byreta ( $50\text{ cm}^3$ ), nálevka k plnění byrety, stojan s držákem na byretu

**Chemikálie :** roztok kyseliny octové ( $c=1\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), vzorek roztoku kyseliny octové (v rozmezí  $c=0,5\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  až  $c=0,005\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), nasycený roztok  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , roztok  $\text{CuSO}_4$  ( $c=0,1\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ )

**Postup :**

1. Do série šesti očíslovaných kádinek odměřte jednotlivě  $50\text{ cm}^3$ ,  $25\text{ cm}^3$ ,  $5\text{ cm}^3$ ,  $1\text{ cm}^3$ ,  $0,5\text{ cm}^3$  a  $0,1\text{ cm}^3$  kyseliny octové ( $c=1\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ). Roztoky v kádinkách doplňte destilovanou vodou vždy na celkový objem  $150\text{ cm}^3$ .
2. Sestavte aparaturu podle schématu.
3. Změřte hodnotu elektrického proudu procházejícího roztokem a zaznamenejte ji do tabulky 1. Při měření začínejte s ampérmetrem připojeným na největší měřicí rozsah a podle potřeby (bez přeskokování) měřicí rozsah zmenšujte až v průběhu měření.
4. Po ukončení měření opláchněte elektrody destilovanou vodou, osušte je filtračním papírem a změřte hodnotu elektrického proudu procházejícího roztokem v další kádince. Postupně proveďte měření s roztoky ve všech kádinkách.
5. Z údajů v tabulce 1 sestrojte graf závislosti vodivosti roztoku na koncentraci kyseliny octové.
6. Za stejných podmínek měření, změřte hodnotu elektrického proudu procházejícího roztokem vzorku. Z vypočtené hodnoty elektrické vodivosti roztoku vzorku určete na základě sestrojeného grafu koncentraci kyseliny octové v tomto vzorku.
7. Podle údajů v tabulce 2 přidejte z byrety uvedené objemy odměrného roztoku  $\text{CuSO}_4$  do titrační baňky se  $100\text{ cm}^3$  roztoku  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Po každém přidání roztoku  $\text{CuSO}_4$  směs v baňce důkladně promíchejte a zaznamenejte změřenou hodnotu elektrického proudu.
8. Na základě výsledků měření vypočítejte a doplňte údaje do tabulky 2. Graficky vyjádřete závislost hodnot elektrické vodivosti reakční směsi na objemu přidaného titračního činidla. Ze získaného grafu určete bod ekvivalence a vypočítejte koncentraci roztoku hydroxidu vápenatého.

Schéma principu konduktometrie /Beneš a kol 1986/:



**Konduktometrie :** a-ampérmetr, b-zdroj střídavého elektrického napětí (maximálně 12 V), c-pryžové hadičky vymezující část vodivého povrchu elektrod, d-pryžový kroužek nebo jiný materiál spojující elektrody v konstantní vzdálenosti, e-uhlíkové elektrody, f-kádinka s měřeným roztokem

**Řešení :**

**Tabulka 14: Závislost vodivosti roztoku kyseliny octové na koncentraci**

Kádinka číslo	1	2	3	4	5	6
Koncentrace roztoku kyseliny octové v mol . dm <sup>-3</sup>						
Hodnota el. proudu procházejícího roztokem v mA						
Hodnota el. odporu roztoku v mΩ						
Hodnota el. vodivosti roztoku v mS						

Hodnotu el. odporu vypočítáme na základě Ohmova zákona ze známé hodnoty el. napětí a el. proudu. Z hodnoty el. odporu vypočítáme hodnotu el. vodivosti.

**Tabulka 15: Stanovení koncentrace nasyceného roztoku  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ( $100 \text{ cm}^3$ ) vodivostní titrací roztokem  $\text{CuSO}_4$  ( $c=0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ )**

Objem přidaného roztoku $\text{CuSO}_4$ v $\text{cm}^3$	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	30,0	40,0
Hodnota el. proudu v mA							
Hodnota el. odporu v $\text{m}\Omega$							
Hodnota el. vodivosti v mS							

**Závěr :** Nejvýznamnějším využitím konduktometrie je zjišťování bodu ekvivalence při titracích za vzniku málo rozpustných produktů – konduktometrická titrace. Při této titraci klesá vodivost roztoku až k bodu ekvivalence a po jeho dosažení nadbytek titračního činidla způsobuje, že se elektrická vodivost směsi opět zvětšuje. Grafickým vyjádřením závislosti vodivosti reakční směsi na objemu přidaného titračního činidla můžeme určit bod ekvivalence.



## 9 Potenciometrie

**Úkol :** Pokusem ověřte, jak závisí napětí elektrochemického článku tvořeného měděnou a zinkovou elektrodou na změně koncentrace měďnatých iontů v roztoku.

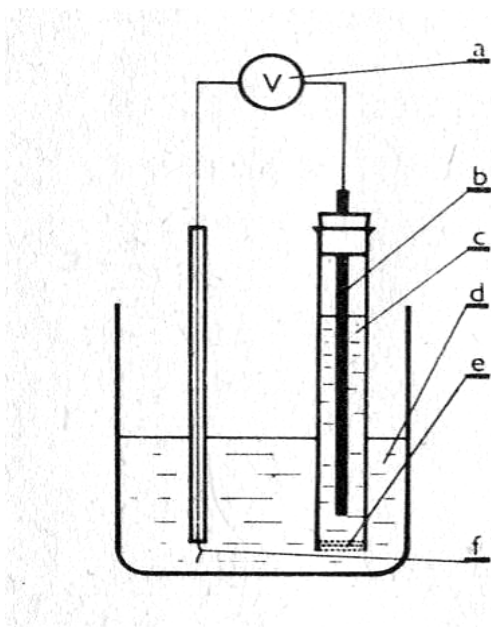
**Pomůcky :** voltmetr s vysokým vstupním odporem (nejméně  $1000 \Omega/1 \text{ V}$ ) a s volitelným rozsahem (do 3 V) – lze použít univerzální přístroj (např. Avomet, DU-10), 2 vodiče zakončené banánky, 2 kovové svorky, stojan se dvěma držáky, kádinka ( $250 \text{ cm}^3$ ), 2 odměrné válce ( $100 \text{ cm}^3$  a  $10 \text{ cm}^3$ ), zinková elektroda

**Chemikálie :** roztok  $\text{CuSO}_4$  ( $c=0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), roztok  $\text{NH}_3$  ( $c=0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ )

**Postup :**

1. Podle schématu zapojte aparaturu. Do kádinky s měděnou elektrodou nalijte  $100 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{CuSO}_4$  ( $c=0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ). Změřte a zaznamenejte napětí článku tvořeného měděnou a zinkovou elektrodou.
2. V jednotlivých dávkách uvedených v tabulce přidávejte do kádinky s roztokem síranu měďnatého roztok amoniaku. Po každém přidání roztoku amoniaku směs v kádince promíchejte, změřte a zaznamenejte napětí článku tvořeného měděnou a zinkovou elektrodou.
3. Sestrojte graf závislosti změny napětí článku tvořeného měděnou a zinkovou elektrodou na koncentraci měďnatých iontů v roztoku.

**Měření napětí elektrochemického článku tvořeného měděnou a zinkovou elektrodou :**



a-voltmetr, b-zinek, c-roztok zinečnatých iontů, d-roztok měďnatých iontů, e-skleněná trubice uzavřená diafragmou (vtavenou fritou, popř. papírem) povlečenou měď /Beneš a kol. 1986/

**Řešení :**

**Tabulka 16: Vliv koncentrace měďnatých iontů na napětí elektrochemického článku tvořeného měďnou a zinkovou elektrodou**

Objem přidaného roztoku NH <sub>3</sub> (c=0,1 mol.dm <sup>-3</sup> ) v cm <sup>3</sup>	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
Koncentrace měďnatých iontů v mol . dm <sup>-3</sup>						
Elektromotorické napětí článku ve V						

(roztok amoniaku je přidáván ke 10 cm<sup>3</sup> roztoku CuSO<sub>4</sub> o koncentraci c=0,1 mol.dm<sup>-3</sup>)

**Závěr :** Při ponoření kovu do roztoku, který obsahuje ionty tohoto kovu, dochází na rozhraní kov – roztok k výměně iontů mezi kovem a roztokem. Tímto dějem se na rozhraní kov – roztok vytváří elektrická dvojvrstva a vzniká potenciálový rozdíl mezi kovem a roztokem. Samotný elektrodový potenciál nelze měřit. Lze však měřit rozdíl potenciálů dvou různých elektrod jako napětí článku z těchto elektrod.

**Poznámky pro učitele:** Žáci mohou v tabulce standardních redoxních potenciálů vyhledat potenciály elektrod, s nimiž pracovali a vypočítat z nich napětí článků, které tvoří a pokusit se zdůvodnit rozdíl mezi takto zjištěnou teoretickou hodnotou a hodnotou zjištěnou při pokusu.

Podle času je možné např. navrhnout postup, kterým by na základě sestrojeného grafu potenciometricky stanovili koncentraci roztoku měďnatých iontů, pokud mají k dispozici vzorek o koncentraci 0,09 mol . dm<sup>-3</sup> > c(Cu<sup>2+</sup>) > 0,07 mol . dm<sup>-3</sup>.

## 10 Měření pH pomocí dataloggeru

**Úkol :** Zjistěte jaké pH mají roztoky různých látek a potravin.

**Pomůcky :** 6 kádinek, Infraline Graphic, pH elektroda

**Chemikálie :** roztok HCl ( $c=0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), roztok NaOH ( $c=0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), ocet, citron, jedlá soda ( $\text{NaHCO}_3$ ), perlivá voda

**Postup :**

1. Do šesti kádinek si připravte roztoky látek : HCl, NaOH, ocet, citron,  $\text{NaHCO}_3$ , perlivou vodu ( $\text{HCO}_3^{2-}$ ) asi po 10- 20  $\text{cm}^3$ .
2. U všech látek zjistěte pH pomocí pH indikátorového papírku a hodnoty zapište do tabulky.

K dataloggeru připojte pH elektrodu. Vypočítejte pH měřené kyseliny chlorovodíkové a hydroxidu sodného. Změřte přístrojem pH všech látek a zaznamenejte do tabulky.

**Řešení :**

**Tabulka 17: Tabulka hodnot pH látek**

Vzorek	pH papírek – přibližné pH	pH papírek - barva	Naměřené pH
HCl ( $c=0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )	1,5	Červená	1,13
NaOH ( $c=0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )	11	Tmavě modrá	11,91
Ocet	2,5	Oranžová	2,35
Citron	3	Oranžová	3,64
Jedlá soda $\text{NaHCO}_3$	8	Zelená	7,45
Perlivá voda $\text{HCO}_3^{2-}$	6	Žlutá	5,87

**Závěr :** Kyselina chlorovodíková je silná kyselina, ocet obsahuje slabší kyselinu octovou. Kyseliny citronová je ještě slabší než octová. Perlivá voda je díky rozpuštěnému  $\text{CO}_2$  mírně kyselá. Jedlá soda, která se používá na neutralizaci žaludečních šťáv je slabě zásaditá. Nejsilnější zásada je NaOH.

**Poznámky pro učitele:** Měření pH pomocí univerzálního indikátorového papírku je rychlá metoda, ale pouze orientační. Žáci porovnají hodnoty pH stajných látek získané dvěma metodami a navrhnou, čím mohou být způsobeny chyby měření. Tuto úlohu mohou dělat i mladší žáci (kromě výpočtu pH) a seznámit se tak s využitím přístrojů v chemii. Elektroda se musí v roztoku nejprve ustálit, proto je dobré postupovat tak, že se měří pH třídavě pomocí pH papírku a pomocí přístroje. Toto ne velmi jednoduchá úloha na seznámení se s přístrojem, hlavní využití spočívá v použití při titracích – acidobazických a pokud máte příslušnou elektrodu i konduktometrických. Použití dalších elektrod má své využití i ve fyzice nebo biologii.

Foto 20: Zapojení dataloggeru pro měření pH



#### **4.7.9 Analytická chemie kvalitativní**

- 1 Kationty I. analytické**
- 2 Kationty II. analytické třídy**
- 3 Kationty III. analytické třídy**
- 4 Kationty IV. analytické třídy**
- 5 Důkazy některých kationtů suchou cestou**
- 6 Určení kationtů ve směsi**
- 7 Určení sloučenin pomocí analýzy kationtů**
- 8 Srážecí reakce – kvalitativní provedení**
- 9 Důkaz aniontů**
- 10 Dělení aniontů**
- 11 Analytické důkazy uhličitánů**
- 12 Kvalitativní analýza jednoduchá – klasifikační**

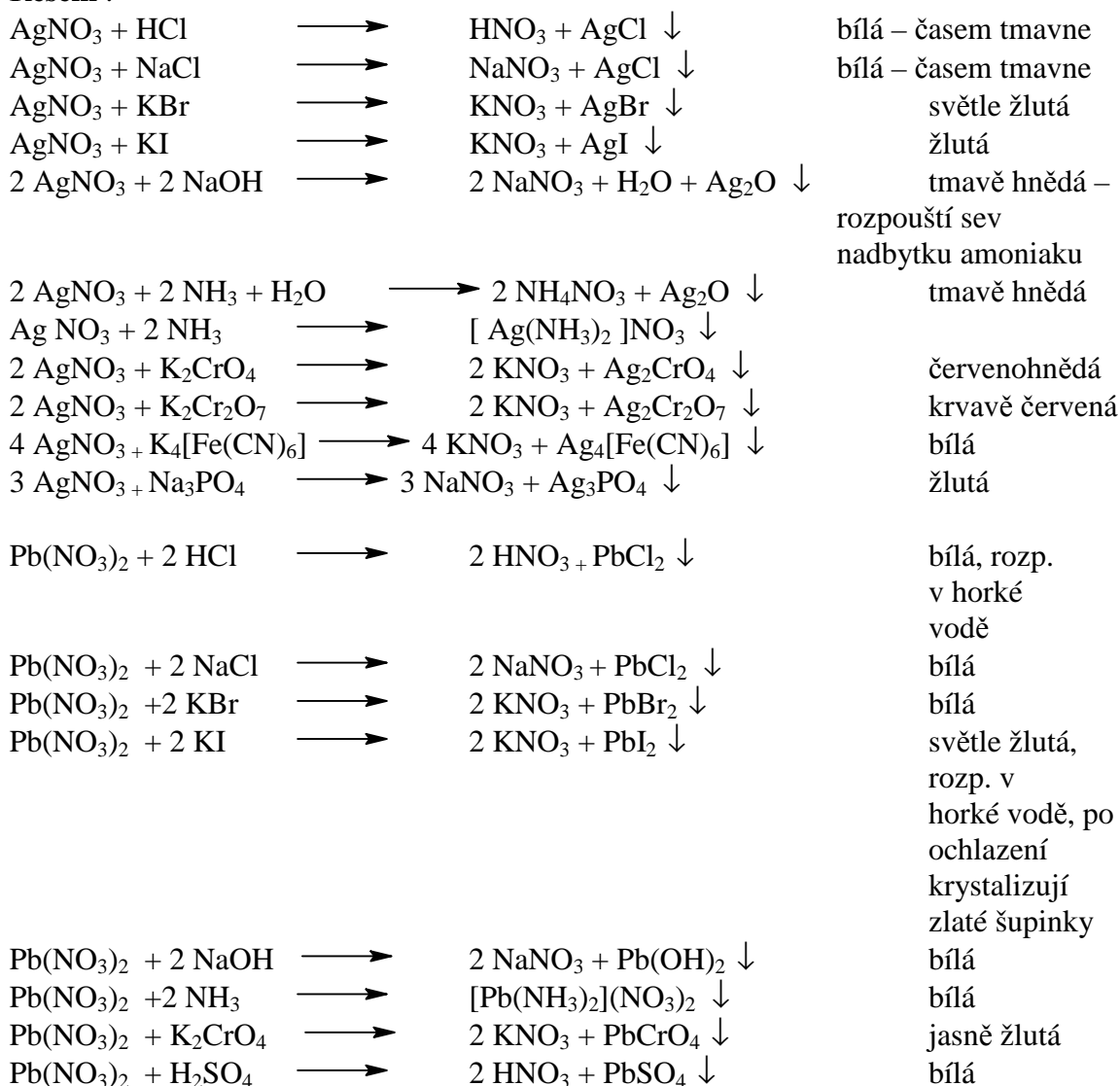
# 1 Kationty I. analytické třídy

**Úkol :** Proved'te chemické reakce stříbrných a olovnatých iontů se všemi činidly, průběh reakcí запиšte chemickými rovnicemi, vyznačte sraženiny a jejich barvu.

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, kapkovací destička, kapátka

**Chemikálie :** roztok  $\text{AgNO}_3$  a  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  nebo  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  ( $w=0,05$ )  
roztoky činidel:  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KBr}$ ,  $\text{KI}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$

**Řešení :**



**Závěr :** Kationty poskytují s činidly sraženiny charakteristických barev.

**Poznámky pro učitele:** Namíchejte roztoky ( $w=0,05$ ) všech činidel v destilované vodě. Studenti pracují na kapkovacích destičkách. Pokud máte destičky porcelánové, při reakcích, kde vznikají bílé sraženiny, je lépe použít zkumavky.

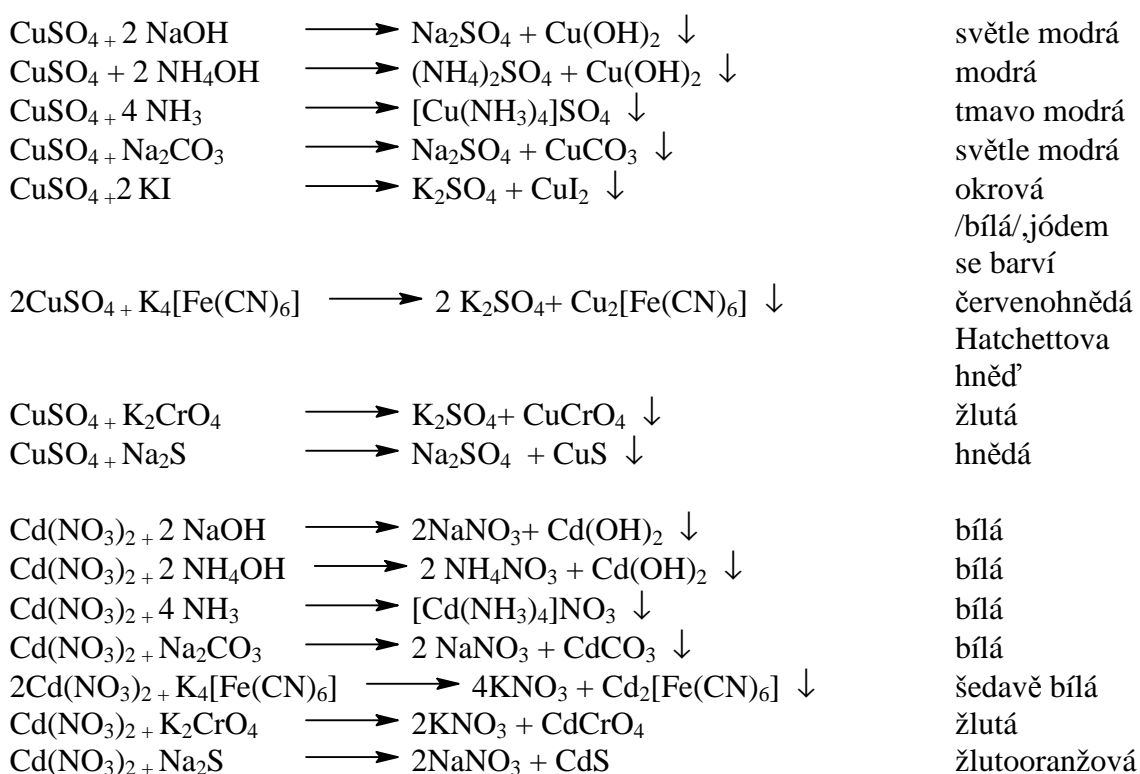
## 2 Kationty II. analytické třídy

**Úkol :** Proved'te chemické reakce měďnatých a kademnatých kationtů se všemi činidly, průběh reakcí zapište chemickými rovnicemi, vyznačte sraženiny a jejich barvu.

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, tečkovací destička, kapátka

**Chemikálie :** roztok  $\text{CuSO}_4$  a  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$  ( $w=0,05$ )  
roztoky činidel :  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{KI}$ ,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$

**Řešení :**



**Závěr :** Kationy poskytují s činidly sraženiny nebo roztoky charakteristických barev.

**Poznámky pro učitele:** Namíchejte roztoky ( $w=0,05$ ) všech činidel v destilované vodě. Studenti pracují na tečkovacích destičkách. Pokud máte destičky porcelánové, při reakcích, kde vznikají bílé sraženiny, je lépe použít zkumavky.

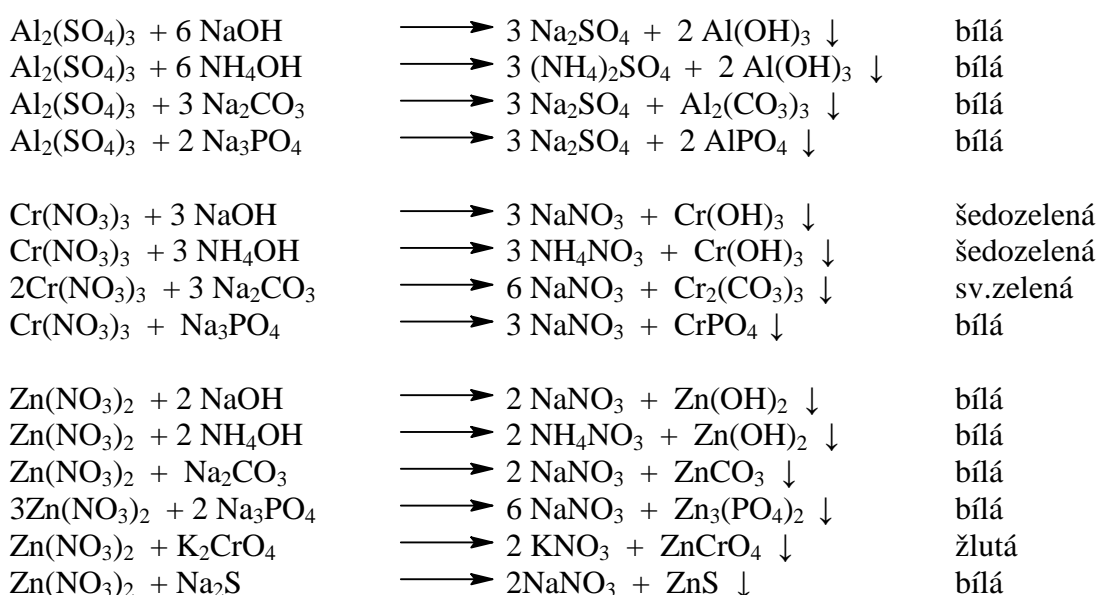
### 3 Kationty III. analytické třídy

**Úkol :** Proveďte chemické reakce hlinitých, chromitých a zinečnatých iontů se všemi činidly. Průběh reakcí запиšte chemickými rovnicemi, vyznačte sraženiny a jejich barvu.

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, kapkovací destička, kapátka

**Chemikálie :** roztok  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  ( $w=0,05$ )  
roztoky činidel :  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$

**Řešení :**



**Závěr :** Reakcí činidel s roztoky solí dokazovaných kationtů vznikaly sraženiny, které v některých případech v nadbytku rozpouštědla reagovaly za vzniku komplexu. Jsou to sloučeniny:  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ,  $\text{NH}_4[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ,  $\text{Na}[\text{Zn}(\text{OH})_3]$ ,  $\text{NH}_4[\text{Zn}(\text{OH})_3]$ .

**Poznámky pro učitele:** Namíchejte roztoky ( $w=0,05$ ) všech činidel v destilované vodě. Studenti pracují na tečkovacích destičkách. Pokud máte destičky porcelánové, při reakcích, kde vznikají bílé sraženiny, je lépe použít zkumavky. Místo síranu hlinitého je možno použít dusičnan.



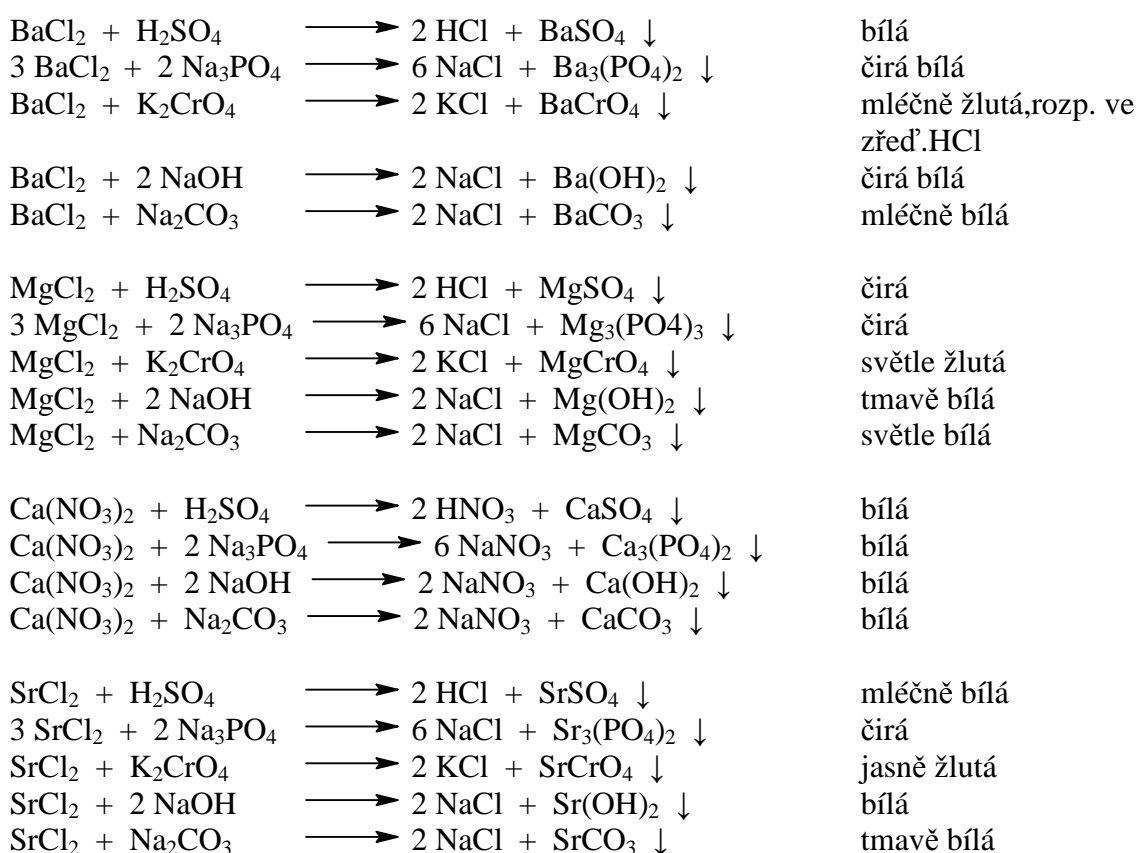
## 4 Kationy IV.analytické třídy

**Úkol :** Proved'te chemické reakce barnatých, hořečnatých, vápenatých a strontnatých kationtů se všemi činidly, průběh reakcí запиšte chemickými rovnicemi, vyznačte sraženiny a jejich barvu.

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, kapkovací destička, kapátka

**Chemikálie :** roztok BaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, SrCl<sub>2</sub> (w=0,05)  
Roztoky činidel Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaOH

**Řešení :**



**Závěr :** Kationy IV. analytické třídy poskytují s většinou činidel převážně bílé, světlé, mléčné sraženiny. Pro jejich rozlišení od sebe je nutno použít ty reakce, které poskytují charakteristický produkt.

**Poznámky pro učitele:** Namíchejte roztoky (w=0,05) všech činidel v destilované vodě. Studenti pracují na tečkovacích destičkách. Pokud máte destičky porcelánové, při reakcích, kde vznikají bílé sraženiny, je lépe použít zkumavky. Důkazy strontnatých kationtů doporučuji provést jako demonstraci.

## 5 Důkazy některých kationtů suchou cestou

**Úkol :** Proved'te reakce suchou cestou s následujícími chemikáliemi : NaCl, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>Cl, CaCl<sub>2</sub>, BaCl<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O.

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, Pt – drátek, plynový kahan, kádinka, chem.lžička, držák na zkumavky

**Chemikálie :** NaCl, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>Cl, CaCl<sub>2</sub>, BaCl<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O, zřed'.HCl (1:2)

**Postup :**

a) zahřívání látek  
Do zkumavky dejte lžičkou asi 0,5 g vzorku, opatrně zahřívajte nad kahanem a pozorujte chování látky (zabarvení, sublimace, tání,...). Po vychladnutí zkumavku dokonale vypláchněte zřed'. HCl a vodou.

b) plamenové reakce  
Do zkumavky dejte malé množství vzorku, rozpusťte v 0,5 cm<sup>3</sup> zřed'. HCl. Do roztoku ponořte Pt- drátek. Drátek se vzorkem vložte do vnější části nesvítivého plamene. Po provedení každé reakce drátek ponořte do zkumavky s roztokem HCl bez vzorku a dokonale vyžíhejte.

**Řešení :**

a) NaCl taje  
CuSO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O ztrácí vodu, bezvodý CuSO<sub>4</sub> je světle modrý  
NH<sub>4</sub>Cl sublimuje

b) **Tabulka 18: Barvení plamene**

kation	barva plamene
K <sup>+</sup>	fialová
Na <sup>+</sup>	Žlutá
Cu <sup>2+</sup>	Modrozelená
Ca <sup>2+</sup>	Cihlově červená
Ba <sup>2+</sup>	Zelená
Sr <sup>2+</sup>	Karmínově červená
Li <sup>+</sup>	červená

**Závěr :** Plamenové zkoušky jsou rychlou metodou, jak identifikovat kationt. Jedná se v podstatě o spektrometrickou metodu.

**Poznámky pro učitele:** Pro plamenové zkoušky je možno použít i vzorky pevné, velkým problémem je ale očištění drátku. Je možné použít i jiné sloučeniny s příslušnými kationty, některé dokonce poskytují zajímavé efekty – např. NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> se v plameni rozkládá, hořící produkty z plamene vylétávají a zanechávají za sebou kouřovou stopu.

Doporučuji dát vzorky látek do stříkacích lahvíček od vypořebovaných léků (např. Olynth). Žáci musí dát pozor, aby nestříkli jeden na druhého, ale efekt v plameni je úžasný.

## 6 Určení kationtů ve směsi

**Úkol :** Ve vzorku jsou některé z kationtů  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ . Dokažte, které kationy vzorek obsahuje.

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, kahan, potřeby pro filtraci, pH papírek

**Chemikálie :** roztok vzorku, roztok  $\text{HCl}$  ( $c = 2 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), roztok  $\text{NH}_3$  ( $c = 2 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), roztok  $\text{HNO}_3$  ( $c = 1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), roztok kys. šťavelové ( $c = 1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), sádrová voda, roztok  $\text{KI}$  ( $w=0,01$ ), roztok  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ( $w=0,01$ ), roztok  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ( $w=0,01$ )

**Postup :**

- Ke  $3 \text{ cm}^3$  roztoku vzorku přidávejte za stálého protřepávání po kapkách z pipety zřed.  $\text{HCl}$  dokud se tvoří sraženina. Směs nechte usadit a do číré kapaliny nad sraženinou opět přidejte kapku  $\text{HCl}$ , abyste se přesvědčili, zda srážení bylo dokonalé.
- Směs zfiltrujte a filtrát  $F_1$  ponechte k dalším pokusům.
- Sraženinu na filtru promyjte horkou vodou a k filtrátu  $F_2$  přidejte roztok  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Žlutá sraženina chromanu olovnatého dokazuje přítomnost  $\text{Pb}^{2+}$  ve vzorku.
- Ke zbylé sraženině na filtru přidejte  $1-2 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{NH}_3$  a znovu zfiltrujte (filtrát  $F_3$ ). Zčernání sraženiny dokazuje přítomnost  $\text{Hg}^{2+}$ .
- Filtrát  $F_3$  rozdělte na dvě části. K jedné části přidejte roztok  $\text{HNO}_3$ . Bílá sraženina dokazuje přítomnost  $\text{Ag}^+$ . Ke druhé části přidejte roztok  $\text{KI}$ . Jsou-li přítomny ionty  $\text{Ag}^+$ , vytvoří se žlutobílá sraženina.
- Filtrát  $F_1$  zneutralizujte po kapkách z pipety roztokem  $\text{NH}_3$  (zkontrolujte pH papírkem).
- K části filtrátu  $F_1$  přidejte roztok kyseliny šťavelové. Vznikne-li okamžitě bílá sraženina, jsou přítomny ionty  $\text{Ca}^{2+}$ . Vznikne-li bílá sraženina po několika minutách, jsou přítomny ionty  $\text{Sr}^{2+}$ .
- K druhé části filtrátu  $F_1$  přidejte sádrovou vodu. Vznikne-li okamžitě bílá sraženina, jsou přítomny ionty  $\text{Ba}^{2+}$ . Vznikne-li bílá sraženina po několika minutách, jsou přítomny ionty  $\text{Sr}^{2+}$ . Přítomnost iontů  $\text{Ba}^{2+}$  ověřte rovněž reakcí s  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  a barvením plamene.

**Závěr :** Ve vzorku jsme dokázali  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Ba}^{2+}$ . Během práce je třeba pracovat pečlivě a nevynechat žádný krok.

**Poznámky pro učitele:** Nedoporučuji dávat do směsi všechny kationy, ale vybrat pouze čtyři a vybrat méně jedovaté sloučeniny a naředit je v minimálních koncentracích. Vzorek připravte jako směs dusičnanů. Kationy lze volně kombinovat, každý žák může dostat svůj vzorek. Vyhněte se pouze kombinaci  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ , a  $\text{Ba}^{2+}$ .

## 7 Určení sloučenin pomocí analýzy kationtů

**Úkol :** Proved'te reakce vybraných kationtů I. až III. analytické třídy s roztokem NaOH, popř. též s H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, kahan, držák na zkumavky

**Chemikálie :** roztoky (w=0,05) AgNO<sub>3</sub>, CoSO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O, Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, FeCl<sub>3</sub>, roztok NaOH (w=0,05), roztok H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (w=0,03)

**Postup :** Před sebou máte očíslované zkumavky se vzorky solí. Máte učít sloučeniny v jednotlivých zkumavkách.  
Do čisté zkumavky odlijte přibližně 2 cm<sup>3</sup> vzorku a pipetkou přidávejte po kapkách roztok NaOH do vzniku sraženiny. Ke směsi přidejte další 1 cm<sup>3</sup> (asi 10 kapek) NaOH navíc a sledujte, zda se sraženina rozpouští. Pro zjištění kationtů III.anal.třídy přidejte ke směsi ještě asi 1 cm<sup>3</sup> roztoku H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a směs opatrně zahřívejte nad kahanem.  
Veškeré pozorované jevy (vznik sraženiny, její rozpustnost v přebytku reaktantu, zbarvení vzniklých produktů) pečlivě zaznamenejte do tabulky. Pomocí těchto výsledků, výsledků předchozích laboratorních prací a výkladu učitele přiřaďte k jednotlivým vzorkům název příslušné sloučeniny.

**Řešení :**

**Tabulka 19: Reakce aniontů s roztokem NaOH**

kation	anal.tř.	Reakce s roztokem NaOH		
		přechod. produkt, barva sraženiny	v přebytku činidla barva roztoku	v přítomnosti H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Ag <sup>+</sup>	I.	Ag <sub>2</sub> O černá	nemění se	nemění se
Cu <sup>2+</sup>	II.	Cu(OH) <sub>2</sub> sv.modrá	nemění se	nemění se
Fe <sup>3+</sup>	III.	Fe(OH) <sub>3</sub> hnědá	nemění se	nemění se
Al <sup>3+</sup>	III.	Al(OH) <sub>3</sub> bílá	[Al(OH) <sub>4</sub> ] <sup>-</sup> bezbarvá	nemění se
Co <sup>2+</sup>	III.	Co(OH) <sub>2</sub> sv.modrá	nemění se	Co(OH) <sub>3</sub> černá sraž.
Ni <sup>2+</sup>	III.	Ni(OH) <sub>2</sub> sv zelená	nemění se	nemění se

**Závěr :** Na základě znalostí z předchozích laboratorních cvičení (kationy jednotlivých analytických tříd) se nám podařilo identifikovat vzorky.

**Poznámky pro učitele:** Každé skupině studentů očísľujte vzorky v jiném pořadí.

## 8 Srážecí reakce – kvalitativní provedení

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, filtrační papír, skleněná tyčinka

**Chemikálie :** roztoky ( $w=0,05$ )  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$

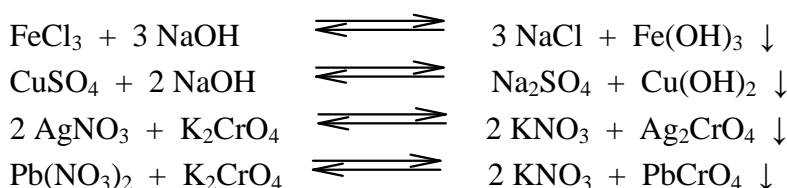
**Úkol :** Proved'te reakce vzájemné chemických látek, zapište je chemickými reakcemi.

**Postup :**

a) Připravte si a očísľujte šest zkumavek s těmito roztoky :  
1 -  $\text{FeCl}_3$ , 2 -  $\text{CuSO}_4$ , 3 -  $\text{AgNO}_3$ , 4 -  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , 5 -  $\text{NaOH}$ , 6 -  $\text{K}_2\text{CrO}_4$   
...Smísením roztoku 1 a 5 vzniká hnědočervená sraženina hydratovaného hydroxidu železitého, při smísení roztoku 2 a 5 vzniká světle modrá sraženina hydratovaného hydroxidu měďnatého. Při smísení roztoku 3 a 6 vzniká sraženina chromanu stříbrného, při smísení roztoku 4 a 6 vzniká žlutá sraženina chromanu olovnatého.

b) Na polovinu filtračního papíru napište roztokem  $\text{AgNO}_3$  nápis SRÁŽECÍ, na druhou polovinu roztokem  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  nápis REAKCE. Po zaschnutí přetřete „neviditelný“ nápis roztokem  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . Objeví se barevný nápis. Reakcí roztoků vznikla červenohnědá a žlutá sraženina.

**Řešení :**



**Závěr :** Podstatou srážecích reakcí je reakce dvou roztoků za vzniku sraženiny. Při srážecích reakcích se nemění oxidační čísla iontů. Charakteristických barev sraženin využíváme v analytické chemii. k určení látek.

**Poznámky pro učitele:** Oxidy a hydroxidy kovů (s výjimkou kovů alkalických), některé halogenidy a sulfidy, fosforečnany a uhličitany patří mezi látky ve vodě málo rozpustné. Dusičnany jsou ve vodě rozpustné.

Ve druhé části pokusu jsou srážecí reakce využity pro psaní „tajným písmem“. Pro „tajné písmo“ lze využít i další reakce stejně jako jiné typy chemických reakcí, při kterých vznikají barevné sloučeniny.

## 9 Důkaz aniontů

**Úkol :** Ve vzorku jsou některé z aniontů  $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ,  $HS^-$ ,  $SO_3^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $CrO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SCN^-$ ,  $Fe(CN)_6^{4-}$ ,  $Fe(CN)_6^{3-}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $MnO_4^-$ . Dokažte, které aniony vzorek obsahuje.

**Pomůcky :** stojan se zkumavkami, kapkovací destička

**Chemikálie :** roztok  $BaCl_2$  ( $c=0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), roztok  $HNO_3$  ( $c=2 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), roztok  $CH_3COOH$  octové ( $c=2 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), roztok  $AgNO_3$  ( $c=0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), roztok amoniaku ( $c=2 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), roztok  $KMnO_4$  ( $c=0,02 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), roztok  $H_2SO_4$  ( $c=1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), roztok jodu v jodidu draselném (1,5 g jodidu draselného a 0,5 g jodu se rozetře v třetí misce a rozpustí ve vodě o objemu  $100 \text{ cm}^3$ ), 0,5% roztok škrobu, pevný hydrogenuhličitan sodný, 10% roztok  $KI$ , roztok  $HCl$  ( $c=2 \text{ mol.dm}^{-3}$ ), roztok vzorku

**Postup:**

- K jedné kapce neutrálního nebo slabě alkalického roztoku vzorku na skleněné kapkovací destičce přidejte jednu kapku roztoku chloridu barnatého a pozorujte, zda vzniká sraženina. V kladném případě reakci zopakujte v dalších dvou jamkách. V jedné zkoušejte rozpustnost sraženiny přidáním zředěné kyseliny octové, ve druhé přidáním zředěné kyseliny dusičné.
- K jedné kapce neutrálního nebo slabě alkalického roztoku vzorku na skleněné kapkovací destičce přidejte jednu kapku roztoku dusičnanu stříbrného a pozorujte, zda vzniká sraženina. V kladném případě reakci opakujte v dalších dvou jamkách a zkoušejte rozpustnost sraženiny roztokem kyseliny dusičné a roztokem amoniaku.
- K jedné kapce roztoku vzorku na kapkovací destičce přidejte jednu kapku roztoku kyseliny sírové a po kapkách přidávejte roztok manganistanu. V přítomnosti redukujících látek se roztok odbarvuje.
- Jednu kapku roztoku vzorku na kapkovací destičce zneutralizujte špetkou pevného hydrogenuhličitanu sodného, přidejte kapku roztoku jodu a kapku roztoku škrobu. Přítomnost redukujících kationtů se projeví odbarvením.
- Jednu kapku roztoku vzorku okyselíte roztokem kyseliny chlorovodíkové, přidejte kapku roztoku jodidu draselného a kapku roztoku škrobu.  
V přítomnosti oxidujících kationtů se roztok zbarvuje modře.

**Otázky a úkoly:**

- K roztoku vzorku přidáte roztok  $BaCl_2$ . Vznikne bílá sraženina, která se rozpouští ve zředěné kyselině octové. Které anionty mohou být v roztoku a které lze vyloučit?
- K roztoku vzorku přidáte roztok  $AgNO_3$ . Vznikne bílá sraženina, nerozpustná ve zředěné  $HNO_3$ . Které anionty mohou být v roztoku a které lze vyloučit?
- Roztok vzorku okyselíme zředěnou kyselinou chlorovodíkovou a přidáme  $KI$  a roztok škrobu. Výsledek je negativní tj. neprobíhá žádná reakce. Které anionty mohou být v roztoku a které lze vyloučit?

**Řešení :**

**Tabulka 20: Reakce některých aniontů**

aniont	činidlo	reakce	Poznámka
$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{BaCl}_2$	$\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{BaSO}_4$	Bílá sraženina, ve zředěných roztocích až po chvíli. Nerozp. ve zřed. $\text{HCl}$ , $\text{HNO}_3$
	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$	$\text{SO}_4^{2-} + \text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{PbSO}_4$	Bílá sraženina
$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$\text{BaCl}_2$	$\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{BaS}_2\text{O}_3$	Bílá sraženina, rozpustná ve zřed. $\text{HCl}$ , horké $\text{H}_2\text{O}$
	$\text{AgNO}_3$	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 2 \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3$ $\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ag}_2\text{S} + 2 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$	Sraženina rychle žloutne, hnědne až zčerná. Vyloučí se černý $\text{Ag}_2\text{S}$
	$\text{I}_2 + \text{škrob.maz}$	$2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{I}_2 \rightarrow 2 \text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$	Modré zbarvení $\text{I}_2 + \text{škrob.mazu}$ po přidání vzorku mizí
$\text{CrO}_4^{2-}$	$\text{BaCl}_2$	$\text{CrO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{BaCrO}_4$	Žlutá sraž., rozp. ve zřed. $\text{HCl}$ , $\text{HNO}_3$ , $\text{NaOH}$
	$\text{AgNO}_3$	$\text{CrO}_4^{2-} + 2 \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}_2\text{CrO}_4$	Červenohnědá sraž., rozp. v $\text{HNO}_3$ , $\text{NH}_3$
	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$	$\text{CrO}_4^{2-} + \text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{PbCrO}_4$	Žlutá sraž., rozp. v $\text{HNO}_3$ , $\text{NaOH}$
	$\text{HCl}$ , $\text{HNO}_3$ , $\text{H}_2\text{SO}_4$	$2 \text{CrO}_4^{2-} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{CrO}_4^{2-}$ mají oxidační schopnosti, okyselením vznikne červený roztok $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{BaCl}_2$	$2 \text{PO}_4^{3-} + 3 \text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$	Bílá sraž., špatně rozp. v $\text{CH}_3\text{COOH}$
	$\text{AgNO}_3$	$\text{PO}_4^{3-} + 3 \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4$	Žlutá sraž., snadno rozp. v $\text{CH}_3\text{COOH}$ , $\text{NH}_3$
	Hořečnatá soluce ( $\text{MgCl}_2$ , $\text{NH}_4\text{Cl}$ , $\text{NH}_3$ )	$\text{PO}_4^{3-} + \text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+ + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	Bílá krystalická sraženina
$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{BaCl}_2$	$\text{CO}_3^{2-} + \text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{BaCO}_3$	Bílá sraž., snadno rozp. v $\text{CH}_3\text{COOH}$
	$\text{AgNO}_3$	$\text{CO}_3^{2-} + 2 \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}_2\text{CO}_3$ $\text{Ag}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Ag}_2\text{O} + \text{CO}_2$	Žlutavá sraženina, snadno rozp. v $\text{CH}_3\text{COOH}$ , $\text{NH}_3$ Povařením se tvoří hnědý $\text{Ag}_2\text{O}$

	HCl	$\text{CO}_3^{2-} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{Cl}^-$ $\text{CO}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	Šumí Bílá sraženina
$\text{Cl}^-$	$\text{AgNO}_3$	$\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{AgCl}$ $\text{AgCl} + 2 \text{NH}_3 \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$	Bílá sraž., na světle fialová, šedne až černá, snadno rozp. v $\text{NH}_3$ , nerozp. v $\text{HNO}_3$
	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$	$2 \text{Cl}^- + \text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{PbCl}_2$	Bílá sraženina, rozp. v horké vodě
$\text{Br}^-$	$\text{AgNO}_3$	$\text{Br}^- + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{AgBr}$	Žlutavá sraž., nerozp. v $\text{HNO}_3$ , špatně v $\text{NH}_3$
	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$	$2 \text{Br}^- + \text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{PbBr}_2$	Bílá sraž., poněkud rozp. v horké vodě
$\text{I}^-$	$\text{AgNO}_3$	$\text{I}^- + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{AgI}$	Žlutá sraž., nerozp. v $\text{HNO}_3$ , i $\text{NH}_3$
	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$	$2 \text{I}^- + \text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{PbI}_2$	Žlutá sraž., v horké vodě rozp. na bezbarvý roztok
	$\text{HgCl}_2$	$2 \text{I}^- + \text{Hg}^{2+} \rightarrow \text{HgI}_2$ $\text{HgI}_2 + 2 \text{I}^- \rightarrow [\text{HgI}_4]^-$	Červená sraž., v nadbytku $\text{I}^-$ rozp. na komplex, přidavkem $\text{NH}_3 + \text{NaOH}$ vznikne hnědá sraž. (obrácená Nesslerova reakce)
	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{I}^- + \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	Uvolní se fialové páry $\text{I}_2$ – za studena
$\text{SCN}^-$	$\text{AgNO}_3$	$\text{SCN}^- + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{AgSCN}$	Bílá sraž., nerozp. v $\text{HNO}_3$ , nepatrně v $\text{NH}_3$
	$\text{FeCl}_3$	$3 \text{SCN}^- + \text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}(\text{SCN})_3$	Intenzivně červený roztok
$\text{S}^{2-}$	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$	$\text{S}^{2-} + \text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{PbS}$	Černá sraženina
	Nitroprussid sodný $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$ čerstvý 1%	$\text{S}^{2-} + [\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]^{2+} \rightarrow [\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}(\text{S})]^{4+}$	Červenofialové zbarvení komplexní sloučeniny v alkalickém prostředí

**Závěr :** Ve vzorku jsou přítomny ionty  $\text{PO}_4^{3-}$  a  $\text{CO}_3^{2-}$ .

**Poznámka :** Pozorování je nevhodnější sestavit do tabulky. Návrh tabulky viz řešení. /Kaličinská 2005/. Vzorek připravte jako směs  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  a  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .



## 10 Dělení aniontů

**Úkol :** Dělení aniontů do analytických tříd. Reakce vybraných aniontů I.analytické třídy.

**Pomůcky :** kapátka, kapkovací destička, stojánek se zkumavkami, kádinka s destil.vodou

**Chemikálie :** roztoky činidel  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{HCl}$

**Teoretický základ :**

**I. analytická třída :** sírany, siřičitany, thiosírany, fluoridy, fosforečnany, hydrogenfosforečnany, uhličitany, křemičitany, boritany, chromany, dichromany – vytvářejí sraženiny s  $\text{BaCl}_2$  a  $\text{AgNO}_3$ .

**II. analytická třída :** chloridy, bromidy, jodidy, sulfidy, hexakvanoželeznatany, hexakvanoželezitany – vytvářejí sraženiny s  $\text{AgNO}_3$ .

**III. analytická třída:** dusičnany, dusitany, manganistany, chlorečnany, chloristany – společné činidlo není.

**Postup :**

1. K malému množství roztoků  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$  a  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ve zkumavkách přikapávejte kapátkem roztok  $\text{BaCl}_2$ .
2. Ke vzniklým sraženinám přidejte roztok  $\text{HCl}$ .
3. Reakce запиšte chemickými rovnicemi a srážecí reakce iontovými zápisy.  
Popište barvu sraženin. Zdůvodněte nerozpustnost  $\text{BaSO}_4$  v  $\text{HCl}$ .
4. Na kapkovací destičku naneste vzorky aniontů, přidejte roztok  $\text{AgNO}_3$ .
5. Zapište rovnice, iontové zápisy a barvu sraženin.

**Reakce :** viz. úloha 9.

**Řešení :** Pomocí srážecích reakcí s  $\text{AgNO}_3$  jsme určili chromany, fosforečnany a uhličitany.

**Závěr :** Anionty se pomocí skupinových činidel dělí do tří analytických tříd.

## 11 Analytické důkazy uhličitánů

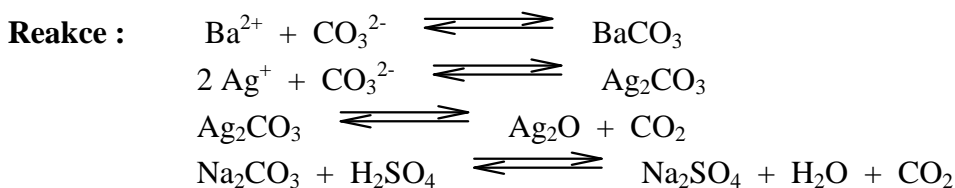
**Úkol :** Ve vzorcích dokažte uhličitany.

**Pomůcky :** zkumavky, stojánek na zkumavky, kahan, skleněná tyčinka

**Chemikálie :**  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (w=0,05),  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  (w=0,05),  $\text{AgNO}_3$  (w=0,01),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (w=0,2),  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  (w=0,1),  $\text{HNO}_3$  (w=0,2), amoniak (w=0,1),  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (w=0,2)

**Postup :**

1. Do tří zkumavek nalijte přibližně  $1 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .
2. Do první zkumavky přidejte roztok  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ . Vyloučí se bílá sraženina  $\text{BaCO}_3$ , rozpustná ve zředěných kyselinách.
3. Do druhé zkumavky přidejte roztok  $\text{AgNO}_3$ .
4. Do třetí zkumavky přidejte zředěnou kyselinu sírovou. Unikající oxid uhličitý dokažte v ústí zkumavky kapkou roztoku hydroxidu barnatého zachycenou na skleněné tyčince.



**Řešení :**

2. Vyloučí se bílá sraženina  $\text{BaCO}_3$ , rozpustná ve zředěných kyselinách.
3. Vzniká nažloutlá sraženina  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$ , rozpustná ve zředěné kyselině dusičné, v amoniaku i v kyselině octové. Sraženina se za zvýšené teploty rozkládá, vzniká šedočerný  $\text{Ag}_2\text{O}$ .
4. Působením silné anorganické kyseliny se uhličitany rozkládají za vzniku oxidu uhličitého, který dokážeme hydroxidem barnatým. Hydroxid barnatý zreaguje na bílý uhličitán barnatý.

**Závěr :** Ve vzorcích jsme dokázali uhličitán barnatý, stříbrný a sodný.

## 12 Kvalitativní analýza jednoduchá – klasifikační

/Pečivová, Škoda, Mikulášek 2000/

### Důkazy vybraných kationtů

**Pomůcky :** zkumavky, stojan na zkumavky, skleněná tyčinka, odměrná zkumavka nebo váleček, kapátka

**Chemikálie :** vzorky roztoků solí, HCl (w=0,05), NaOH (w=0,1), konc.roztok NH<sub>3</sub>, roztok H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (w=0,1)

#### Postup :

- K dispozici máte 5 zkumavek, každá obsahuje roztok soli v destilované vodě  
zkumavka č. 1            č.2            č.3            č.4            č.5  
                         NaCl            CaCl<sub>2</sub>            CuSO<sub>4</sub>            AgNO<sub>3</sub>            FeCl<sub>3</sub>  
rozpuštěním jsme připravili zásobní roztoky solí, které obsahují tyto kationty:  
.....Na<sup>+</sup> .....Ca<sup>2+</sup> .....Cu<sup>2+</sup> .....Ag<sup>+</sup> .....Fe<sup>3+</sup> ...
- Připravte si 5 nových zkumavek a do každé z nich vlijte 2 cm<sup>3</sup> roztoku příslušné soli. Zkumavky označte a do každé přilijte 2 cm<sup>3</sup> HCl (w=0,05). Sledujte, kde proběhla reakce.  
sůl :            Na<sup>+</sup>            Ca<sup>2+</sup>            Cu<sup>2+</sup>            Ag<sup>+</sup>            Fe<sup>3+</sup>  
reakce s HCl ...x.....            ...x.....            ...x.....            ...AgCl.....            ...x...  
Jak se reakce s HCl projevila?            **sraženinou s AgNO<sub>3</sub>**.....  
Který ion reagoval s HCl ? .....**Ag<sup>+</sup>**.....  
Reakcí s HCl jsme dokázali .....**stříbrný**.....kation.
- Do čtyřech označených zkumavek vlijte po 2 cm<sup>3</sup> roztoků Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> a Fe<sup>3+</sup> kationtu. Do všech zkumavek přilijte 2 cm<sup>3</sup> NaOH (w=0,1). Pozorujte, kde došlo k reakci. Obsah zkumavek zatím nevylévejte.  
sůl :            Na<sup>+</sup>            Ca<sup>2+</sup>            Cu<sup>2+</sup>            Fe<sup>3+</sup>  
reakce s NaOH            ...x...            .....**Ca(OH)<sub>2</sub>**...            **Cu(OH)<sub>2</sub>**            **Fe(OH)<sub>3</sub>**...  
Jak se reakce s NaOH projevila ? ...**reakcí s Ca<sup>2+</sup>**            **Cu<sup>2+</sup>**            **Fe<sup>3+</sup>** ...  
Které ionty s NaOH reagovaly ? .....**Ca<sup>2+</sup>** .....**Cu<sup>2+</sup>** .....**Fe<sup>3+</sup>** .....
- Do stejných zkumavek z předchozího pokusu, kde jste prováděli reakci kationtu s roztokem NaOH opatrně učitel přilije ještě 2 cm<sup>3</sup> konc. roztoku amoniaku. Pozorujte :  
sůl            Na<sup>+</sup>            Ca<sup>2+</sup>            Cu<sup>2+</sup>            Fe<sup>3+</sup>  
reakce s NaOH            ...x.....            **Ca(OH)<sub>2</sub>**...**Cu(OH)<sub>2</sub>**            **Fe(OH)<sub>3</sub>**  
reakce s NH<sub>3</sub>            ...x.....            .....x....            ...**ano**.....            ...**ano**  
Jak se projevila reakce ? ...**nerozpustné sraženiny**.....  
Které ionty jsme dokázali reakcí s NaOH a s NH<sub>3</sub> ? ...**Fe<sup>3+</sup>** .....**Cu<sup>2+</sup>** .....
- Do dvou nových zkumavek vlijte po 2 cm<sup>3</sup> roztoku Na<sup>+</sup> a Ca<sup>2+</sup> solí. K oběma roztokům přidejte 2 cm<sup>3</sup> kyseliny sírové (w=0,1). Počkejte 5 minut a pozorujte :  
sůl :            Na<sup>+</sup>            Ca<sup>2+</sup>  
reakce s H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>            ...x.....            **CaSO<sub>4</sub>**.....  
Jak se reakce s kyselinou sírovou projevila ? .....**sraženina**.....  
Reakcí s kyselinou sírovou jsme dokázali .....**Ca<sup>2+</sup>** .....kation.  
Poslední z kationtů nereaguje se žádným z uvedených činidel, je to  
.....**sodný**.....kation.  
Počet bodů :  
**Každý údaj 0,25 bodu tedy celkem za kationty 9,75 bodu**

## Důkazy vybraných aniontů

**Pomůcky :** jako pro předchozí úlohu

**Chemikálie :** vzorky aniontů, HCl (w=0,1), AgNO<sub>3</sub> (w=0,01), BaCl<sub>2</sub> (w=0,05)

**Postup :**

1. K dispozici máte 4 zkumavky se vzorky :  
zkumavka č. 1                      č.2                      č.3                      č.4  
   Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>                      NaCl                      Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>                      NaNO<sub>3</sub>  
máte tedy roztoky těchto aniontů .  
   ...CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>.....Cl<sup>-</sup>                      SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.....NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.....
2. Připravte si nyní 3 sady po 4 zkumavkách. V každé sadě bude po 2 cm<sup>3</sup> roztoku každého aniontu.
3. V první sadě přilejte do každé ze 4 zkumavek 2 cm<sup>3</sup> roztoku HCl (w=0,1)
4. V druhé sadě přilejte do každé ze 4 zkumavek 2 cm<sup>3</sup> roztoku AgNO<sub>3</sub> (w=0,01)
5. Druhou sadu zkumavek i se sraženinou ponechte stát asi 15 minut na světle a pozorujte barevné změny sraženin.
6. Ve třetí sadě přilejte do každé ze 4 zkumavek 2 cm<sup>3</sup> roztoku BaCl<sub>2</sub> (w=0,05).
7. Všechny reakce запиšte do tabulky :

sůl :	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
reakce s HCl	...x.....	x.....	...x.....	...x...
reakce s AgNO <sub>3</sub>	...x.....	.AgCl.....	...x.....	...x...
reakce s BaCl <sub>2</sub>	<b>BaCO<sub>3</sub></b> .....	x.....	... <b>BaSO<sub>4</sub></b> .....	x...

Jak se projeví případné reakce ? ...**vznikne sraženina** .....

Ve kterém případě unikl plyn ? ...**AgNO<sub>3</sub> a Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**.....

Zapište vzorce vzniklých sraženin : **BaCO<sub>3</sub> AgCl CaSO<sub>4</sub>**.....

Zapište barvy vzniklých sraženin : ...**bílá bílá bílá**.....

Která sraženina na světle postupně ztmavla ? .....**AgCl**.....

Jaké anionty jsme reakcemi dokázali ? **CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> Cl<sup>-</sup> SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>**.....

Navrhněte na základě předchozích laboratorních cvičení další možnosti důkazu předložených kationtů a aniontů. Chem. reakce запиšte rovnicemi. Zapište barvu případných sraženin.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

počet bodů : **7,25 + 3**                      počet bodů celkem: **20**                      hodnocení :

**Za test za každý údaj 0,25 bodu za každou reakci 0,5 bodu (maximálně 3 body)**

**Poznámka :** Celou práci lze udělat i s odevzdaným testem za dvouhodinovou laboratorní práci na závěr celku analýzy kationtů a aniontů.

## 12 Kvalitativní analýza jednoduchá – klasifikační

zadání pro žáky

### *Důkazy vybraných kationtů*

**Pomůcky :** zkumavky, stojan na zkumavky, skleněná tyčinka, odměrná zkumavka nebo váleček, kapátka

**Chemikálie :** vzorky roztoků solí, HCl (w=0,05), NaOH (w=0,1), konc.roztok NH<sub>3</sub>, roztok H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (w=0,1)

#### **Postup :**

1. K dispozici máte 5 zkumavek, každá obsahuje roztok soli v destilované vodě  
zkumavka č. 1            č.2            č.3            č.4            č.5  
                             NaCl            CaCl<sub>2</sub>            CuSO<sub>4</sub>            AgNO<sub>3</sub>            FeCl<sub>3</sub>  
rozpuštěním jsme připravili zásobní roztoky solí, které obsahují tyto kationty:  
.....
2. Připravte si 5 nových zkumavek a do každé z nich vlijte 2 cm<sup>3</sup> roztoku příslušné soli. Zkumavky označte a do každé přilijte 2 cm<sup>3</sup> HCl (w=0,05). Sledujte, kde proběhla reakce.  
sůl :                    Na<sup>+</sup>                    Ca<sup>2+</sup>                    Cu<sup>2+</sup>                    Ag<sup>+</sup>                    Fe<sup>3+</sup>  
reakce s HCl .....  
Jak se reakce s HCl projevila ? .....  
Který ion reagoval s HCl ? .....  
Reakcí s HCl jsme dokázali .....kation.
3. Do čtyřech označených zkumavek vlijte po 2 cm<sup>3</sup> roztoků Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> a Fe<sup>3+</sup> kationtu. Do všech zkumavek přilijte 2 cm<sup>3</sup> NaOH (w=0,1). Pozorujte, kde došlo k reakci. Obsah zkumavek zatím nevylévejte.  
sůl :                    Na<sup>+</sup>                    Ca<sup>2+</sup>                    Cu<sup>2+</sup>                    Fe<sup>3+</sup>  
reakce s NaOH .....  
Jak se reakce s NaOH projevila ? .....  
Které ionty s NaOH reagovaly ? .....
4. Do stejných zkumavek z předchozího pokusu, kde jste prováděli reakci kationtu s roztokem NaOH opatrně učiteli přilijte ještě 2 cm<sup>3</sup> konc. roztoku amoniaku. Pozorujte :  
sůl                                    Na<sup>+</sup>                    Ca<sup>2+</sup>                    Cu<sup>2+</sup>                    Fe<sup>3+</sup>  
reakce s NaOH .....  
reakce s NH<sub>3</sub> .....  
Jak se projevila reakce ? .....  
Které ionty jsme dokázali reakcí s NaOH a s NH<sub>3</sub> ? .....
5. Do dvou nových zkumavek vlijte po 2 cm<sup>3</sup> roztoku Na<sup>+</sup> a Ca<sup>2+</sup> solí. K oběma roztokům přidejte 2 cm<sup>3</sup> kyseliny sírové (w=0,1). Počkejte 5 minut a pozorujte :  
sůl :                                    Na<sup>+</sup>                    Ca<sup>2+</sup>  
reakce s H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> .....  
Jak se reakce s kyselinou sírovou projevila ? .....  
Reakcí s kyselinou sírovou jsme dokázali .....kation.  
Poslední z kationtů nereaguje se žádným z uvedených činidel, je to  
.....kation.  
Počet bodů :

## Důkazy vybraných aniontů

**Pomůcky :** jako pro předchozí úlohu

**Chemikálie :** vzorky aniontů, HCl (w=0,1), AgNO<sub>3</sub> (w=0,01), BaCl<sub>2</sub> (w=0,05)

**Postup :**

1. K dispozici máte 4 zkumavky se vzorky :  
zkumavka č. 1                      č.2                      č.3                      č.4  
   Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>                      NaCl                      Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>                      NaNO<sub>3</sub>  
máte tedy roztoky těchto aniontů .  
   .....                      .....                      .....                      .....
2. Připravte si nyní 3 sady po 4 zkumavkách. V každé sadě bude po 2 cm<sup>3</sup> roztoku každého aniontu.
3. V první sadě přilejte do každé ze 4 zkumavek 2 cm<sup>3</sup> roztoku HCl (w=0,1)
4. V druhé sadě přilejte do každé ze 4 zkumavek 2 cm<sup>3</sup> roztoku AgNO<sub>3</sub> (w=0,01)
5. Druhou sadu zkumavek i se sraženinou ponechte stát asi 15 minut na světle a pozorujte barevné změny sraženin.
6. Ve třetí sadě přilejte do každé ze 4 zkumavek 2 cm<sup>3</sup> roztoku BaCl<sub>2</sub> (w=0,05)
7. Všechny reakce zapište do tabulky :

sůl :	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
reakce s HCl	.....	.....	.....	.....
reakce s AgNO <sub>3</sub>	.....	.....	.....	.....
reakce s BaCl <sub>2</sub>	.....	.....	.....	.....

Jak se projeví případné reakce ? .....

Ve kterém případě unikl plyn ? .....

Zapište vzorce vzniklých sraženin : .....

Zapište barvy vzniklých sraženin : .....

Která sraženina na světle postupně ztmavla ? .....

Jaké anionty jsme reakcemi dokázali ? .....

Navrhněte na základě předchozích laboratorních cvičení další možnosti důkazu předložených kationtů a aniontů. Chem. reakce zapište rovnicemi. Zapište barvu případných sraženin.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

počet bodů :

počet bodů celkem:

hodnocení :

#### **4.7.10 Analytická chemie kvantitativní – odměrná analýza**

- 1 Acidimetrie – stanovení alkality technického NaOH**
- 2 Alkalimetrie – stanovení koncentrace kys. chlorovodíkové**
- 3 Alkalimetrie – stanovení koncentrace kyseliny sírové**
- 4 Standardizace odměrného roztoku kyseliny chlorovodíkové**
- 5 Standardizace odměrného roztoku manganistanu**
- 6 Stanovení kyseliny šťavelové**
- 7 Stanovení obsahu železa v zelené skalici**
- 8 Stanovení obsahu železa v zelené skalici**
- 9 Manganometrické stanovení vápníku**
- 10 Stanovení obsahu formaldehydu**
- 11 Stanovení obsahu aminokyseliny (Sørensenova metoda)**
- 12 Chelatometrické stanovení niklu**
- 13 Stanovení uhličitanu vápenatého zpětnou titrací**
- 14 Stanovení obsahu železa Reinhardt – Zimmermannovou metodou**

# 1 Acidimetrie –stanovení alkality technického NaOH

**Úkol :** Stanovte celkovou alkalitu technického NaOH.

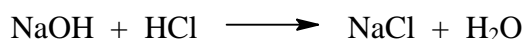
**Pomůcky :** titrační aparatura

**Chemikálie :** roztok HCl ( $c=0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), methylořanž

**Postup :**

1. Vypočítejte navážku hydroxidu sodného na přípravu zásobního roztoku ( $c=0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Bude připraveno  $1000 \text{ cm}^3$  zásobního roztoku pro celou skupinu. Hydroxid je nutno připravit z převařené destilované vody z důvodu obsahu  $\text{CO}_2$ .
2. Do titrační baňky odměřte  $25 \text{ cm}^3$  zásobního roztoku hydroxidu a titrujte odměrným roztokem HCl na methylořanž do červeného zbarvení. Titraci opakujte 3x.
3. Z průměrné spotřeby odměrného roztoku HCl vypočítejte hmotnost NaOH v technickém hydroxidu a vyjádřete hmotnostním zlomkem.

**Řešení :**



Výpočet navážky NaOH na přípravu  $1000 \text{ cm}^3$  zásobního roztoku o koncentraci ( $c=0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ).

Na titraci  $25 \text{ cm}^3$  zásobního roztoku bylo spotřebováno :

- 1.
- 2.
- 3.

Výpočet hmotnostního zlomku

**Závěr :** Technický NaOH není čistý a obsah NaOH je proměnlivý.

**Poznámky pro učitele:**

Někteří autoři doporučují po titraci roztok zahřát k varu, aby vyprchal  $\text{CO}_2$ , který by mohl spotřebu kyseliny ovlivnit. Jestliže, je vychladlý roztok žlutý, dotitruje se do červeného zbarvení a počítáme s celkovou spotřebou roztoku HCl.



## 2 Alkalimetrie – stanovení koncentrace kys. chlorovodíkové

**Úkol :** Stanovte koncentraci vodného roztoku HCl.

**Pomůcky :** váhy, kádinka, byreta, odměrná baňka, stojan s příslušenstvím, pipeta, nálevka, chem. lžička

**Chemikálie :** NaOH, fenolftalein, HCl (w=0,36)

**Postup :**

1. Vypočítejte množství NaOH potřebného k přípravě 250 cm<sup>3</sup> roztoku NaOH (c=0,1 mol . dm<sup>-3</sup>).
2. Vypočítejte objem HCl potřebného k přípravě 1000 cm<sup>3</sup> roztoku HCl (c=0,1 mol . dm<sup>-3</sup>).
3. Připravte odměrný roztok NaOH a naplňte jím byretu.
4. Do titrační baňky odměřte 10cm<sup>3</sup> roztoku HCl a přidejte 3 kapky fenolftaleinu. Z byrety opatrně přikapávejte odměrný roztok po 0,5 cm<sup>3</sup> a pokaždé pH papírkem určete pH titrovaného roztoku. Hodnoty si zapisujte. Takto postupujte až do bodu ekvivalence.
5. Měření opakujte 3x a z naměřených hodnot vypočítejte koncentraci roztoku HCl.
6. Z hodnot spotřeby odměrného roztoku a pH sestavte titrační křivku. Na osu x vynesete hodnoty objemu hydroxidu a na osu y hodnoty pH titrovaného roztoku.

**Reakce :**  $\text{HCl} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

**Řešení :** Výpočet navážky NaOH na přípravu 250 cm<sup>3</sup> zásobního roztoku o koncentraci (c=0,1 mol . dm<sup>-3</sup>)

Výpočet objemu HCl potřebného k přípravě 1000 cm<sup>3</sup> roztoku HCl (c=0,1 mol . dm<sup>-3</sup>):

Na titraci 10 cm<sup>3</sup> zás.roztoku bylo spotřebováno :

- 1.
- 2.
- 3.

Výpočet hmotnostního zlomku:

**Závěr :** Po sestavení titrační křivky je lepší představa o průběhu celé reakce během titrace a hodnotě pH v bodu ekvivalence.

**Poznámky pro učitele:** Záleží na počtu pracujících skupin studentů – ale 250 cm<sup>3</sup> zásobního roztoku by mělo postačit pro 6–8 skupin.

### 3 Alkalimetrie – stanovení koncentrace kyseliny sírové

**Úkol :** Stanovte koncentraci roztoku  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

**Pomůcky :** kádinka, odměrná baňka, stojan s příslušenstvím, byreta, pipeta, nálevka, tyčinka

**Chemikálie :** roztok NaOH ( $c=0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

**Postup :**

1. Do titrační baňky odměřte  $10 \text{ cm}^3$  vzorku  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a přidejte 3 kapky fenolftaleinu.
2. Z byrety opatrně přidávejte odměrný roztok NaOH. Odměrný roztok přidávejte postupně po  $0,5 \text{ cm}^3$  a pH papírkem určete pH. Takto postupujte až do bodu ekvivalence a hodnoty si zapisujte.
3. Měření opakujte 3x.
4. Z naměřených hodnot vypočítejte koncentraci roztoku  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
5. Z hodnot spotřeby NaOH a pH sestavte titrační křivku. Na osu x naneste spotřebu hydroxidu v  $\text{cm}^3$  a na osu y pH roztoku.

**Reakce :**  $2 \text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

**Řešení :**  $2 \cdot c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} = c_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$

**Závěr :** Sestrojení titrační křivky poskytuje lepší představu o průběhu celé reakce a bodu ekvivalence.

**Poznámky pro učitele:** Po ukončení laboratorní úlohy je nutné pečlivě vymýt byrety – hrozí zatuhnutí vlivem hydroxidu.

## 4 Standardizace odměrného roztoku kyseliny chlorovodíkové

**Úkol :** Stanovte přesnou koncentraci odměrného roztoku kyseliny chlorovodíkové roztokem hydroxidu sodného.

**Pomůcky :** kádinka, souprava na titraci, nálevka, titrační baňka

**Chemikálie :** roztok HCl ( $c=0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), roztok NaOH o přesně známé koncentraci, směsný indikátor

**Postup :**

1. Sestavte aparaturu pro titraci a byretu naplňte odměrným roztokem HCl a nastavte meniskus na nulu.
2. Do titrační baňky odměřte přesně  $10 \text{ cm}^3$  roztoku NaOH a přidejte 3 kapky směsného indikátoru.
3. Titrujte opatrně tak dlouho, až poslední kapkou kyseliny indikátor změní své zbarvení na ocelově šedou, odečtěte objem spotřebované kyseliny a zaznamenejte.
4. Titraci proveďte celkem třikrát. Vypočtěte průměrnou spotřebu a vypočítejte přesnou koncentraci kyseliny.

**Reakce :**  $\text{NaOH} + \text{HCl} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

**Řešení :**  $c_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} = c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}}$

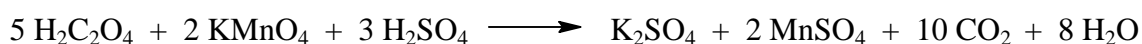
**Závěr :** Při titracích musíme znát přesnou koncentraci odměrného roztoku. U mnoha látek, které se používají jako odměrné roztoky však nelze roztok o požadované přesné koncentraci přímo připravit. Proto připravíme nejdříve roztok o přibližné koncentraci a jeho přesná koncentraci stanovíme titrací roztokem, jehož přesnou koncentraci známe. Tento postup se nazývá standardizace.

## 5 Standardizace odměrného roztoku manganistanu

Manganometrie je odměrná analytická metoda, založená na redoxní reakci roztoku manganistanu v kyselém prostředí.  $\text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 5 \text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$

Manganometricky lze stanovit např. ionty železnaté, peroxid vodíku, dusitany aj.

Čerstvě připravený roztok manganistanu obsahuje často oxid manganičitý, který se do něho dostává jako nečistota z manganistanu draselného nebo vzniká redukcí manganistanu stopami organických látek ve vodě. Proto je třeba odměrný roztok manganistanu standardizovat. Primárním standardem pro manganistan draselný je kyselina šťavelová, která reaguje s manganistanem v kyselém prostředí podle rovnice.



**Úkol :** Standardizujte připravený roztok manganistanu draselného kyselinou šťavelovou.

**Pomůcky :** titrační aparatura, titrační baňka, kahan, stojan s kruhem, síťka, odměrný válec, kádinka

**Chemikálie :** roztok  $\text{KMnO}_4$  ( $c=0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), roztok kys.šťavelové ( $c=0,05 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), primární standard, roztok kyseliny sírové ( $c=1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

**Postup :**

1. Byretu naplňte odměrným roztokem manganistanu a nastavte meniskus na nulu.
2. Do titrační baňky odměřte  $10 \text{ cm}^3$  roztoku kyseliny šťavelové, okyselte  $20 \text{ cm}^3$  roztoku kyseliny sírové a přidejte asi  $5 \text{ cm}^3$  odměrného roztoku manganistanu z byrety.
3. Reakční směs v titrační baňce zahřejte na  $50\text{--}60^\circ\text{C}$  a po odbarvení dotitrujte po kapkách do slabě růžového zbarvení, které je stálé alespoň půl minuty.
4. Pak odečtěte spotřebu odměrného roztoku, titraci opakujte ještě dvakrát a vypočítejte průměrnou spotřebu. Spotřebu запиšte do společné tabulky.

**Vypracování :**

Titrace č.	V ( $\text{KMnO}_4$ ) $\text{cm}^3$
1	
2	
3	
4	
5	
6	
<b>Průměrná spotřeba v <math>\text{cm}^3</math></b>	

Výpočet přesné koncentrace odměrného roztoku manganistanu:

**Závěr :** Jednotlivé skupiny se při titraci ve výsledku příliš nelišily, takto připravený odměrný roztok se používá pro manganometrická stanovení.

**Poznámky pro učitele:** Spotřeba odměrného roztoku  $\text{KMnO}_4$  je přibližně  $10 \text{ cm}^3$ .

## 6 Stanovení kyseliny šťavelové

**Úkol :** Stanovte koncentraci kyseliny šťavelové.

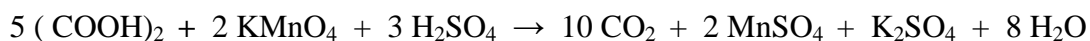
**Pomůcky :** titrační aparatura, odměrná baňka, pipeta, kádinky, nálevka

**Chemikálie :** roztok  $\text{KMnO}_4$  ( $c=0,05 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), roztok  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $w=0,1$ ), roztok kyseliny šťavelové

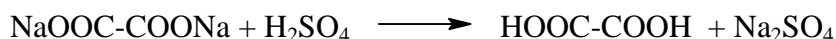
**Postup :**

1. Sestavte titrační aparaturu, byretu naplňte odměrným roztokem  $\text{KMnO}_4$
2. do titrační baňky odměřte  $25 \text{ cm}^3$  zásobního roztoku kys. šťavelové, přidejte asi  $10 \text{ cm}^3$  kys. sírové ( $w=0,1$ ), mírně zahřejte a titrujte odměrným roztokem  $\text{KMnO}_4$  do světle fialového zbarvení. Titraci opakujte celkem 3x.
3. Z průměrné spotřeby odměrného roztoku  $\text{KMnO}_4$  vypočítejte molární koncentraci kys. šťavelové ve vzorku.
4. Kde se vyskytuje a jak se vyrábí kyselina šťavelová?

**Řešení :**



Kyselina šťavelová se vyskytuje v rostlinách ve formě vápenaté soli. Průmyslově se vyrábí rychlým zahříváním mravenčanu sodného na  $400^\circ\text{C}$  a působením minerální kyseliny vzniká kyselina šťavelová.



**Závěr :** Titrací a následným výpočtem jsme zjistili koncentraci kyseliny šťavelové ve vzorku. Je možné kys. šťavelovou stanovit i v přírodním materiálu.

**Poznámky pro učitele:** Stanovení kyseliny šťavelové viz úloha č.5 z kapitoly 4.7.2. Koncentrace připraveného vzorku kyseliny šťavelové je  $c=0,125 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

## 7 Stanovení obsahu železa v zelené skalici (jednodušší pokus)

**Úkol :** Stanovte železnaté ionty v neznámém vzorku manganometricky.

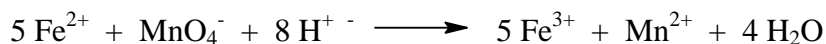
**Pomůcky :** titrační aparatura, titrační baňka, kádinka, odměrný válec

**Chemikálie :** roztok  $\text{KMnO}_4$  – standardizovaný ( $c=0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), roztok vzorku obsahující ionty železnaté

**Postup :**

1. Byretu naplňte odměrným roztokem manganistanu a nastavte meniskus na nulu.
2. Do titrační baňky odměřte  $10 \text{ cm}^3$  roztoku vzorku a titrujte odměrným roztokem manganistanu do slabě růžového zbarvení, které je stále alespoň půl minuty (roztok vzorku je již okyselený).
3. Titraci proveďte třikrát, jednotlivé spotřeby roztoku manganistanu si poznamenejte a vypočítejte průměrnou spotřebu.

**Reakce :** Manganometrické stanovení iontů železnatých je založeno na reakci



**Řešení :**

Průměrná spotřeba manganistanu:

Molární hmotnost Fe je  $55,85 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Výpočet hmotnosti iontů  $\text{Fe}^{2+}$  v  $10 \text{ cm}^3$  vzorku:

**Závěr :** Stanovili jsme obsah železa v zelené skalici.

**Poznámky pro učitele:** Vzorek železnatých iontů:  $27,78 \text{ g FeSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$  rozpuťte ve vodě, přidejte  $50 \text{ cm}^3$  konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a doplňte na  $1 \text{ dm}^3$ . To odpovídá  $5,58 \text{ g Fe}^{2+}$  v  $1 \text{ dm}^3$  nebo  $0,0558 \text{ g Fe}^{2+}$  v  $10 \text{ cm}^3$  vzorku.

Spotřeba odměrného roztoku manganistanu se pohybuje kolem  $10 \text{ cm}^3$ .

## 8 Stanovení obsahu železa v zelené skalici

**Úkol :** Stanovte železnaté ionty v zelené skalici manganometricky.

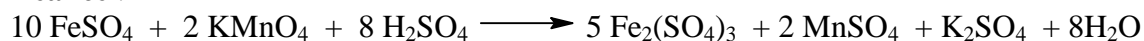
**Pomůcky :** titrační aparatura, titrační baňka, pipeta, kádinka, odměrný válec, váhy

**Chemikálie :** roztok  $\text{KMnO}_4$  ( $c=0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )- standardizovaný, převařená destil. voda, roztok  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $w=0,2$ ), koncentrovaná  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{FeSO}_4$  (zelená skalice).

**Postup :**

1. Navažte 5–7 g zelené skalice a navážku zaznamenejte.
2. Do 250  $\text{cm}^3$  odměrné baňky dejte nejdříve 100  $\text{cm}^3$  roztoku  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $w=0,2$ ), nasypete skalici a doplňte destilovanou vodou po rysku.
3. Sestavte titrační aparaturu, byretu naplňte odměrným roztokem  $\text{KMnO}_4$ .
4. Do titrační baňky odpipetujte 25  $\text{cm}^3$  odměřte roztoku, přidejte 100  $\text{cm}^3$  destilované vody, 5  $\text{cm}^3$  koncentrované  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a titrujte do světle fialového zbarvení. Titraci opakujte třikrát.
5. Z průměrné spotřeby odměrného roztoku  $\text{KMnO}_4$  vypočítejte hmotnost železa ve vzorku a vyjádřete v hmotnostních procentech.

**Reakce :**



**Řešení :**

Průměrná spotřeba manganistanu:

Molární hmotnost Fe je  $55,85 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Výpočet hmotnosti iontů  $\text{Fe}^{2+}$  ve vzorku:

Výpočet procentuální koncentrace:

**Závěr :** Stanovili jsme hmotnost železa v zelené skalici, což je síran železnatý.

## 9 Manganometrické stanovení vápníku

**Úkol :** Manganometricky stanovte vápník metodou šťavelanovou.

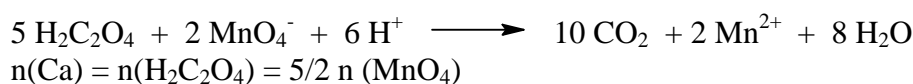
**Pomůcky :** souprava na titraci, titrační baňka, pipeta, skleněná tyčinka, kahan, nálevka, filtrační papír

**Chemikálie :** HCl, šťavelan amonný – koncentrovaný (4 g ve 100 cm<sup>3</sup> vody, methyloranž, amoniak, zřed' H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, šťavelan amonný (w=0,001), vzorek s vápníkem (v 500 cm<sup>3</sup> rozpust' 2 tabl. šumivého Ca<sup>500</sup>), destilovaná voda

**Postup :**

- 100 cm<sup>3</sup> připraveného roztoku okyselte HCl a přidejte 25 cm<sup>3</sup> nasyceného roztoku šťavelanu amonného. Směs musí zůstat čirá, případný zákal rozpust' v několika kapkách konc. HCl.
- Po zahřátí téměř k varu přidejte do roztoku několik kapek methyloranže a neutralizujte zředěným roztokem amoniaku.
- Od okamžiku, kdy se začne roztok kalit vylučujícím šťavelanem vápenatým přidávejte amoniak velmi zvolna po jednotlivých kapkách.
- Neutralizaci ukončete, když zbarvení indikátoru přejde do čistě žluté. Poté přidejte ještě 10 cm<sup>3</sup> nasyceného roztoku šťavelanu amonného a roztok s vyloučenou sraženinou ponechte stát za občasného míchání tyčinkou asi 30 minut na vyhřívané plotně, než ho odstavíte a necháte stát alespoň 3 hodiny.
- Poté vyloučený šťavelan vápenatý filtrujte přes skleněný filtrační kelímek nebo přes papírový filtr.
- Sraženinu promyjte na filtru 150 cm<sup>3</sup> roztokem šťavelanu amonného (w=0,001).  
Promývací roztok nakonec odstraňte promytím destilovanou vodou.
- Potom filtr se sraženinou převed'te do titrační baňky a zalijte zředěnou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> až je filtr ponořen.
- Rozložená sraženina se rovnou titruje manganistanem do slabě růžového zbarvení. Během titrace je nutné, aby papírový filtr zůstal ulpělý na stěnách titrační baňky.

**Řešení :** Manganometrické stanovení vápníku metodou šťavelanovou spočívá v převedení rozpustné vápenaté soli na málo rozpustný šťavelan vápenatý. Ten se po odfiltrování rozpustí v kyselém prostředí a vzniklá kyselina šťavelová se oxiduje manganistanem na oxid uhličitý a vodu.



**Závěr :** Manganometricky jsme stanovili vápník nepřímou metodou přes šťavelan vápenatý.

**Poznámky pro učitele:** Vápník se však dá stanovit i jinými metodami. Doporučuji porovnat pracnost stanovení a spolehlivost jednotlivých metod viz úloha 3, 9 a 10 v kapitole 4.7.1, úloha 10 v kapitole 4.7.1 a úloha 2 v kapitole 4.7.4.



## 10 Stanovení obsahu formaldehydu

**Úkol :** Stanovte množství formaldehydu ve vzorku.

**Pomůcky :** titrační aparatura, odměrná baňka 100 cm<sup>3</sup>, váhy, odměrný válec, pipeta, kuželovitá baňka se zátkou.

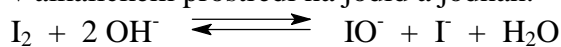
**Chemikálie :** formaldehyd, roztok jodu (c=0,1 mol . dm<sup>-3</sup>), roztok NaOH (c=1 mol . dm<sup>-3</sup>), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (w=0,1), roztok thiosíranu sodného (c=0,1 mol . dm<sup>-3</sup>)

**Postup :**

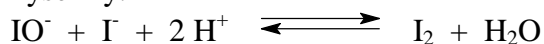
1. Do odměrné baňky na 100 cm<sup>3</sup>, která obsahuje asi 10 cm<sup>3</sup> destilované vody navažte 1 g roztoku formaldehydu. Odměrnou baňku doplňte destilovanou vodou po značku a roztok promíchejte.
2. Z tohoto zásobního roztoku odpipetujte 5 cm<sup>3</sup> do kuželovité baňky se zabroušenou zátkou.
3. Z byrety přidejte 25 cm<sup>3</sup> roztok jodu a 10 cm<sup>3</sup> roztoku NaOH.
4. Baňku uzavřete, obsah promíchejte a nechte 10 minut stát.
5. Po proběhnutí oxidoredukční reakce mezi jodem a formaldehydem přidejte 10 cm<sup>3</sup> roztoku kyseliny sírové (w=0,1) a uvolněný nespoteřovaný jod ihned retitrujte odměrným roztokem thiosíranu sodného do žlutého zbarvení. pak přidejte škrobový maz a dotitrujte do odbarvení.
6. Titraci proveďte celkem třikrát a z průměrné spotřeby vypočítejte obsah formaldehydu v roztoku.
7. Spotřebu roztoku jodu na titrované množství formaldehydu zjistíte z rozdílu odměřeného množství jodu a spotřeby roztoku thiosíranu sodného.

Oba objemy před odečtením vynásobte faktorem.

**Řešení :** Vodný roztok formaldehydu obsahuje 35–38 % HCOH (w=0,35–0,38). Stanovení je založeno na redukčních účincích formaldehydu. Jako odměrný roztok použijeme roztok jodu (c=0,1 mol . dm<sup>-3</sup>). Jod přechází v alkalickém prostředí na jodid a jodnan.

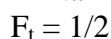
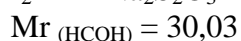
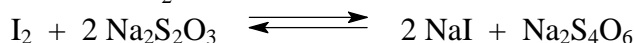
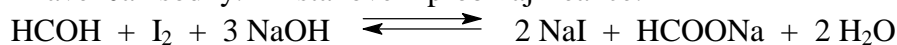


Z současné přítomnosti redukující látky (např. formaldehydu) dochází k oxidaci jodnanem, který se redukuje na jodid. Použijeme-li nadbytek odměrného roztoku jodu, uvolní se nespoteřovaný jod přidáním kyseliny.



Uvolněný nespoteřovaný jod stanovíme roztokem thiosíranu sodného retitrací.

Formaldehyd se oxiduje roztokem jodu v prostředí hydroxidu sodného na mravenčan sodný. Při stanovení probíhají reakce:



Z rovnice vyplývá, že 1 molekula HCOH odpovídá 2I → 2e<sup>-</sup>

Ekvivalent formaldehydu HCOH je roven 1/2 molární hmotnosti tj.  
 $30,03 : 2 = 15,015 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

$1 \text{ cm}^3$  roztoku jodu  $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  odpovídá  $0,0015015 \text{ g}$   
HCOH

**Výpočet :** Spotřebovali jsme  $12,9 \text{ cm}^3$   $0,1 \text{ M}$  thiosíranu sodného ( $f = 0,9982$ ). Přidali jsme  $25 \text{ cm}^3$  roztoku jodu ( $f = 1,0112$ ).

$25 \text{ cm}^3$  roztoku jodu  $\cdot f (1,0112) = 25,28 \text{ cm}^3$   
 $12,9 \text{ cm}^3$  thiosíranu sodného  $\cdot f (0,9982) = 12,88 \text{ cm}^3$

---

$25,28 \text{ cm}^3 - 12,88 \text{ cm}^3 = 12,4 \text{ cm}^3$

$1 \text{ cm}^3$ jodu	0,1 mol	odpovídá	$0,0015015 \text{ g}$ HCOH
$12,4 \text{ cm}^3$ jodu	0,1 mol	odpovídá	x g HCOH

---

$x = 12,4 \cdot 0,0015015 = 0,0186 \text{ g}$

$5 \text{ cm}^3$  titrovaného zásobního roztoku obsahuje  $0,0186 \text{ g}$  HCOH.  
 V odměrné baňce na  $100 \text{ cm}^3$  (celý vzorek) je obsaženo  $0,0186 \cdot 20 = 0,3720 \text{ g}$  HCOH.

Toto množství je také obsaženo v navážce.

Navážili jsme  $1 \text{ g}$  HCOH

Obsah HCOH ve vzorku je :

$$w(\text{HCOH}) = \frac{m(\text{HCOH})}{m(\text{navážky})}$$

$$w(\text{HCOH}) = \frac{0,3720}{1} = 0,372$$

Vzorek formaldehydu je  $37,2 \%$ .

Výpočet stanovované složky podle vztahu:

$$m(\text{HCOH}) = V(\text{NaOH}) \cdot c(\text{NaOH}) \cdot Ft \cdot M(\text{HCOH})$$

$$m(\text{HCOH}) = 0,0124 \cdot 0,1 \cdot 0,5 \cdot 30,03 = 0,0186 = 0,0186 \text{ g HCOH}$$

V  $5 \text{ cm}^3$  titrovaného roztoku je  $0,0186 \text{ g}$  HCOH. Ve  $100 \text{ cm}^3$  zásobního roztoku je  $0,0186 \cdot 20 = 0,3720 \text{ g}$ .

**Závěr :** Vzorek formaldehydu je  $37,2 \%$  ( $w = 0,37,2$ ) a ve  $100 \text{ cm}^3$  zásobního roztoku je  $0,3720 \text{ g}$  formaldehydu.

**Poznámka :** Vzhledem k tomu, že formaldehyd je nezbytnou součástí rozličných polymerů a pojiv, setkáváme se s ním téměř každý den a zvláště z nového nábytku je přímo cítit. Úloha by měla i vztah k životnímu prostředí nebo ochraně zdraví člověka, kdyby se vyzkoušela se vzorkem nadrcené-vylouhované dřevotřísky.

Doplňující otázka: Jaké je působení aldehydů a ketonů na lidský organismus?

Nižší aldehydy a ketony působí dráždivě a jsou lidskému organismu jedovaté.

Formaldehyd denaturuje bílkoviny. Halogenové ketony jsou slzotvorné – bromaceton, chloracetofenon.

## 11 Stanovení obsahu aminokyseliny (Sørensenova metoda)

**Úkol :** Stanovte ve vzorku obsah aminokyseliny.

**Pomůcky :** titrační aparatura, titrační baňka, váhy

**Chemikálie :** roztok NaOH bez uhličitanu ( $c=0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), vodný roztok formaldehydu ( $w=0,4$ ) neutralizovaný na fenolftalein, vodný roztok methylové červeně ( $w=0,0002$ ), etanolový roztok fenolftaleinu ( $w=0,005$ ), vzorek aminokyseliny

**Postup :**

1. Do titrační baňky odvažte 0,5 g vzorku, rozpusťte v  $25 \text{ cm}^3$  destilované vody a přidejte 2 kapky methylové červeně. Jestliže se roztok zbarví červeně, zneutralizujte jej do žluté barvy přidáním NaOH ( $c=0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ).
2. Potom přidejte  $5 \text{ cm}^3$  zneutralizovaného roztoku formaldehydu a 1–2 kapky fenolftaleinu.
3. Roztok titrujte odměrným roztokem hydroxidu do zřetelně růžového zbarvení.
4. Vyjmenujte několik pro člověka esenciálních a neesenciálních aminokyselin.

**Řešení :** Aminoskupina přítomná v aminokyselině bývá obvykle tak zásaditá, že není možné titrovat přímo kyselou karboxylovou skupinu. Využívá se reakce aminoskupiny s formaldehydem:

$$\text{H}_2\text{N-R-COOH} + \text{H}_2\text{C=O} \longrightarrow \text{H}_2\text{C=N-R-COOH} + \text{H}_2\text{O}$$

Při této reakci vzniká velmi slabá Schiffova báze, takže můžeme alkalimetricky titrovat karboxylovou skupinu na fenolftalein. Výsledky odpovídají stechiometrii jen u jednoduchých aminokyselin, u složitějších je třeba při výpočtu použít empirických faktorů  $f(t)$ . Výsledek vyjadřujeme v procentech dané aminokyseliny (AK) ve vzorku. Pokud se jedná o jednosytnou kyselinu, je  $f(t) = 1$ , pro dvojsytnou kyselinu je  $f(t) = 1/2$ .

$$w(\text{AK}) = \frac{f(t) \cdot V(\text{NaOH}) \cdot c(\text{NaOH}) \cdot M(\text{AK})}{m(\text{vzorku})} \cdot 100 [\%]$$

Esenciální aminokyseliny: fenylalanin, leucin, valin, lysin  
Neesenciální aminokyseliny: alanin, glycin, kyselina asparagová, glutamová.

**Závěr :** Aminokyseliny jsou součástí peptidů a bílkovin, některé organismus musí přijímat s potravou. Rostliny neobsahují všechny k životu nezbytné aminokyseliny. Podle toho rozeznáváme potraviny plnohodnotné a neplnohodnotné.

## 12 Chelatometrické stanovení niklu

**Úkol :** Stanovte obsah nikelnatých iontů v hydrátu síranu nikelnatého chelatometricky.

**Pomůcky :** titrační aparatura, odměrná baňka 100 ml pipeta, váhy, chem. lžička

**Chemikálie :** roztok chelatonu 3 ( $c=0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), murexid (1 % směs murexidu s NaCl), roztok NaOH ( $c=2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), amoniak (vodný roztok ( $w=0,25$ ) zředěný vodou v objemovém poměru 1 : 1), destilovaná voda,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$

**Postup :**

1. Vypočítejte navážku  $\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  na přípravu  $100 \text{ cm}^3$  zásobního roztoku skalice ( $c=0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Vzorek navažte a nasype do  $100 \text{ cm}^3$  odměrné baňky a doplňte ji destilovanou vodou po rysku.
2. Z tohoto zásobního roztoku odpipetujte do tří titračních baněk po  $20 \text{ cm}^3$ .
3. Do každé titrační baňky přidáme  $30 \text{ cm}^3$  destilované vody a malou lžičku indikátoru murexidu.
4. Do každé titrační baňky přidejte tolik zředěného amoniaku, aby měl roztok žlutou barvu a přidejte  $0,5 \text{ g NH}_4\text{Cl}$ .
5. Vzorky postupně titrujte odměrným roztokem chelatonu 3, až se původně žlutý roztok právě zbarví do modrofialova.
6. Na základě průměrné spotřeby odměrného roztoku chelatonu 3 vypočítejte hmotnost  $\text{Ni}^{2+}$  a výsledek vyjádřete v hmotnostních procentech.

**Řešení :** Chelatometrické indikátory jsou organické sloučeniny, které se stanovovaným kationem kovového prvku tvoří komplex (chelát) odlišného zbarvení, než má samotný indikátor. Komplex s indikátorem je méně stálý než komplex s chelatonem. Vznik komplexu murexidu s  $\text{Ni}^{2+}$  se projeví zbarvením roztoku do žluta. V bodě ekvivalence se odměrným roztokem chelatonu 3 uvolní murexid, což způsobí změnu barvy titrovaného roztoku ze žluté fialovou. Murexid reaguje v zásaditém prostředí (pH 10–11). Chelaton 3 je dihydrát dihydrogenethylendiamintetraoctanu sodného  $\text{Na}_2\text{H}_2[(\text{OCH}_2\text{C})_2\text{N}(\text{CH})_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COO})_2] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  zkráceně  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  nebo EDT

**Reakce :**  $\text{Ni}^{2+} + \text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \longrightarrow [\text{Ni/Y}]^{2-} + 2 \text{Na}^+ + 2\text{H}^+$

**Výpočty :** Na titraci bylo spotřebováno :  
1.  
2.  
3.

**Závěr :** Chelatometricky jsme stanovili obsah nikelnatých iontů. Je poněkud obtížné postřehnout změnu barvy indikátoru v bodě ekvivalence.

**Poznámky pro učitele:** Vysvětlete žákům, proč se do reakce přidává amoniak a chlorid amonný, co jsou pufrý a jak v reakcích působí.

### 13 Stanovení uhličitanu vápenatého zpětnou titrací

**Úkol :** Stanovte obsah uhličitanu vápenatého ve vzorku horniny zpětnou titrací.

**Pomůcky :** titrační aparatura, odměrná baňka 100 cm<sup>3</sup>, váhy, chem. lžička, hodinové sklo, nálevka, stojan s kruhem a síťkou, kahan

**Chemikálie :** vzorek horniny obsahující uhličitan vápenatý nebo hořečnatý (např. vápenec), roztok NaOH (c=1 mol . dm<sup>-3</sup>), HCl (c=1 mol . dm<sup>-3</sup>), roztok methylenové oranže

**Postup :**

1. Odvažte 0,5 g mletého vzorku horniny a nasypete ho do baňky a přidejte 16 cm<sup>3</sup> roztoku HCl.
2. Baňku přikryjte hodinovým sklem a zahřívejte na síťce mírným plamenem, dokud unikají bublinky plynu (roztok se nesmí vařit).
3. Po ochlazení roztoku přidejte několik kapek roztoku methylenové oranže a roztok titrujte odměrným roztokem NaOH do barevné změny indikátoru.
4. Vysvětlete princip zpětné reakce a napište rovnici reakce uhličitanu vápenatého ve vzorku horniny s kyselinou chlorovodíkovou a reakci nezreagovaného podílu HCl s NaOH.
5. Vypočítejte objem HCl, který zreagoval s NaOH při titraci.
6. Určete objem i hmotnost chlorovodíku, který zreagoval s CaCO<sub>3</sub>.
7. Stanovte hmotnost CaCO<sub>3</sub> ve vzorku horniny.
8. Vypočítejte hmotnostní zlomek CaCO<sub>3</sub> ve vzorku horniny.

**Řešení :** Reakcí CaCO<sub>3</sub> obsaženého ve vzorku horniny s kyselinou chlorovodíkovou se spotřebuje určitý objem HCl. Při titraci reaguje s NaOH kyselina chlorovodíková, která nezreagovala s CaCO<sub>3</sub> (byla v kádince v nadbytku). Musíme proto nejprve stanovit tento objem kyseliny a z rozdílu původního objemu kyseliny a tohoto objemu určit, kolik kyseliny se spotřebovalo v reakci s CaCO<sub>3</sub>. Pak určíme hmotnost CaCO<sub>3</sub> obsaženého ve vzorku horniny o hmotnosti 0,5 g. Tento postup se nazývá zpětná reakce.

**Reakce :**  $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 $\text{HCl} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

**Výpočty :** Na titraci bylo spotřebováno :  
1.  
2.  
3.

Objem HCl při titraci  
Objem HCl, který zreagoval s CaCO<sub>3</sub>  
Hmotnost HCl, který zreagoval s CaCO<sub>3</sub>  
Hmotnost CaCO<sub>3</sub> ve vzorku horniny  
Hmotnostní zlomek CaCO<sub>3</sub> v hornině

**Závěr :** Na závěr laboratorní úlohy jsme porovnali obsah CaCO<sub>3</sub> v horninách všech skupin žáků.

**Poznámky pro učitele:** Výsledky se mohou poměrně hodně lišit podle lokality horniny.

## 14 Stanovení obsahu železa Reinhardt – Zimmermannovou metodou

**Úkol :** Stanovte železnaté ionty v zelené skalici.

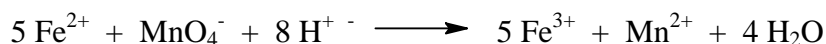
**Pomůcky :** titrační aparatura, titrační baňka, pipeta, kádinka, odměrný válec, váhy.

**Chemikálie :** zředěná HCl (1 : 1), chlorid cínatý (125 g SnCl<sub>2</sub> se rozpustí ve 100 cm<sup>3</sup> konc. HCl a zředí se na 1000 cm<sup>3</sup> destilovanou vodou ), roztok HgCl<sub>2</sub> (w=0,07), Reinhardt-Zimmermannův roztok (67 g MnSO<sub>4</sub> se rozpustí v 500 cm<sup>3</sup> destil. vody a přidá se 160 cm<sup>3</sup> kyseliny fosforečné (w=0,85) a 123 cm<sup>3</sup> kyseliny sírové a doplní na 1000 cm<sup>3</sup>), roztok KMnO<sub>4</sub> – standardizovaný (c=0,02 mol . dm<sup>-3</sup>), FeSO<sub>4</sub> (zelená skalice)

**Postup :**

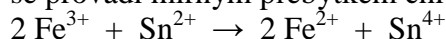
1. Odměřte 25 ml připraveného roztoku Fe soli a za tepla po kapkách přidáme roztok SnCl<sub>2</sub> do odbarvení roztoku. Pokud roztok při dalším zahřívání nežloutne a případný nerozpustný zbytek je bílý, přidáme již jen 2 kapky SnCl<sub>2</sub> navíc. Během přidávání roztoku SnCl<sub>2</sub> nesmí reakční směs vychladnout.
2. Potom baňku ochladíte a za stálého míchání přidejte najednou 10 cm<sup>3</sup> roztoku HgCl<sub>2</sub>. Pokud byste přidávali po kapkách, mohlo by dojít k redukci až na rtuť (šedá). Pomalu objevující se zákal musí být bílý.
3. Po 2–5 minutách přidavku HgCl<sub>2</sub> přidejte 25 cm<sup>3</sup> Reinhardt-Zimmermannův roztok a za stálého míchání ihned titrujte. Titraci ukončete jakmile vznikne slabě růžové zabarvení, které je stále 30 sekund. Po delší době se roztok odbarví, protože manganistan pomalu oxiduje i přítomný HgCl<sub>2</sub>.

**Reakce :**



**Řešení :**

Stanovení spočívá ve sledu několika reakcí. Pro výsledné stanovení železa má zásadní význam dodržení podmínek pro průběh každé z nich. Před titrací je nutno zredukovat železitě ionty ve vzorku na železnaté. Redukce se provádí mírným přebytkem chloridu cínatého.



Přbytek cínaté soli v roztoku by rušil při vlastní titraci, protože ionty cínaté by byly oxidovány manganistanem na ionty cíničité. Ionty cínaté se tedy předem oxidují pomocí chloridu rtuťnatého, který se redukuje na málo rozpustný chlorid rtuťný (kalomel).

Sraženina HgCl se jen velmi pomalu oxiduje manganistanem, a tak se neruší přivlastním stanovení železa. Železnatá sůl se ihned po odstranění cínatých iontů titruje odměrným roztokem KMnO<sub>4</sub>. Oxidace železnatých iontů manganistanem však indukuje oxidaci přítomných chloridových iontů na chlor. Jako inhibitor této vedlejší reakce se k titrovanému roztoku přidává směs síranu manganatého a kyseliny fosforečné (Reinhardt – Zimmermannův roztok).

Průměrná spotřeba manganistanu :

Molární hmotnost Fe je  $55,85 \text{ g.mol}^{-1}$

Výpočet hmotnosti iontů  $\text{Fe}^{2+}$  ve vzorku :

$$n(\text{Fe}) : n(\text{KMnO}_4) = 5 : 1$$

spotřeba odměrného roztoku 2,1 2,4 2,5  $\text{cm}^3$  průměr  $2,333 \text{ cm}^3$   
konc. standardizovaného  $\text{KMnO}_4$   $0,0249 \text{ mol.dm}^{-3}$

**Závěr :** Poněkud složitější stanovení obsahu železa v síranu železnatém.

**Poznámky pro učitele:** Doporučuji provádět v chemickém semináři.

#### **4.7.11 Analytická chemie kvantitativní – gravimetrie**

- 1 Gravimetrické stanovení chloridů jako AgCl**
- 2 Gravimetrické stanovení železa jako Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**
- 3 Vážkové stanovení síranů jako BaSO<sub>4</sub>**



# 1 Gravimetrické stanovení chloridů jako AgCl

**Úkol :** Stanovte gravimetricky chloridy ve vzorku.

**Pomůcky :** váhy, titrační aparatura, kádinka 400 cm<sup>3</sup>, skleněná tyčinka, kahan, filtrační kelímek

**Chemikálie :** roztok kyseliny dusičné (c=2 mol . dm<sup>-3</sup>), roztok dusičnanu stříbrného (c=0,1 mol . dm<sup>-3</sup>)

**Postup :**

1. Odvažte 0,3 g vzorku, převed'te ho do kádinky obsahu 400 cm<sup>3</sup>, rozpust'te ve 150 cm<sup>3</sup> vody a okyselte 5 cm<sup>3</sup> zředěné kyseliny dusičné.
2. Za stálého míchání přidávejte po tyčince roztok dusičnanu stříbrného tak dlouho, až dalším přidáním nedochází ke vzniku sraženiny.
3. Reakční směs krátce zahřejte k varu, sraženina se „sbalí“, čímž se roztok reakční směsi vyjasní.
4. Reakční směs ponechte vychladnout v temnu. O úplnosti srážení se přesvědčte přidáním několika kapek roztoku dusičnanu stříbrného.
5. Sraženinu dekatujte vodou mírně okyselenou kyselinou dusičnou a potom sraženinu převed'te do předem vysušeného a zváženého filtračního kelímku.
6. V kelímku promývejte sraženinu až do vymizení reakce filtrátu na Ag<sup>+</sup>.
7. Filtrační kelímek vysušte do konstantní hmotnosti při 130°C.
8. Získané množství chloridu stříbrného přepočtete na hmotnost chlóru. Obsah chlóru v analyzovaném vzorku vyjádřete v procentech.

**Řešení :** Chloridové ionty ze vzorku se srážejí v kyselém prostředí ionty stříbrnými za vzniku velmi málo rozpustného chloridu stříbrného.



**Závěr :** Ve vzorku jsme gravimetricky dokázali chloridy.

**Poznámky pro učitele:** Metoda je pro žáky náročná z důvodů pečlivosti práce.

## 2 Gravimetrické stanovení železa jako $\text{Fe}_2\text{O}_3$

**Úkol :** Stanovte gravimetricky železo jako oxid železitý.

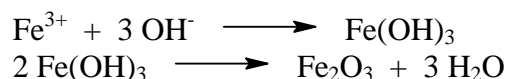
**Pomůcky :** kádinka  $250 \text{ cm}^3$ , kahan, teploměr, skleněná tyčinka, chem. stojan s příslušenstvím, keramická síťka, nálevka, filtrační papír, porcelánový kelímek, exsikátor

**Chemikálie :** hydroxid amonný (amoniak  $w=0,08$ ), roztok dusičnanu amonného ( $w=0,02$ )

**Postup :**

1. Do kádinky o objemu  $250 \text{ cm}^3$  odměřte  $10 \text{ cm}^3$  roztoku vzorku a zřed'te jej na objem asi  $100 \text{ cm}^3$  destilovanou vodou. Roztok zahřejte na teplotu kolem  $80^\circ\text{C}$  a za stálého míchání přidávejte po tyčince zředěný roztok hydroxidu amonného (1 : 1) tak dlouho, až je z reakční směsi slabě cítit.
2. Reakční směs zahřívajte 5 minut nad malým plamenem na keramické síťce (sraženina se „sbalí“). Sraženinu hydroxidu železitého nechte dalších 5 minut v klidu usadit.
3. Potom čistou tekutinu nad sraženinou ještě za horka zfiltrujte filtračním papírem (černá páska nebo červený přetisk) a sraženinu v kádince promyjte horkou vodou. Po usazení opět slijte na filtr čistou tekutinu nad sraženinou.  
Promývání (dekantaci) ještě zopakujte, v poslední fázi na filtr převed'te kvantitativně všechnu sraženinu hydroxidu železitého.
4. Sraženinu na filtru promyjte horkým roztokem dusičnanu amonného ( $w=0,02$ ).
5. Po odkapání filtrační papír se sraženinou vyjměte z filtrační nálevky a umístěte do předem vyžíhaného a zváženého porcelánového kelímku.
6. Malým plamenem kelímek opatrně vysušte, po zuhelnatění filtru vyžíhejte v nesvítivém plameni (asi 10 minut – dno kelímku musí být rozpálené doruda).
7. Kelímek se sraženinou po jeho vychladnutí v exsikátoru zvažte.
8. Ze získané hmotnosti oxidu železitého vypočítejte hmotnost železa ve vzorku. Výsledek vyjádřete v gramech železa v jednom litru vzorku.

**Řešení :** Z roztoků železitých solí se amoniakem sráží málo rozpustný hydroxid železitý, který se žháním převede na oxid železitý. Případně přítomné železo ve formě  $\text{Fe}^{2+}$  je třeba před vlastním stanovením oxidovat kyselinou dusičnou nebo peroxidem vodíku na  $\text{Fe}^{3+}$ .  
Ke vzorku se přidá  $1 \text{ cm}^3$  peroxidu vodíku a  $1 \text{ g}$  dusičnanu amonného. Kádinka se přikryje hodinovým sklíčkem a roztok se zahřívá na  $80$  až  $90^\circ\text{C}$ , dokud se železnaté kationty nezoxidují na železité a současně se rozloží nadbytečný peroxid vodíku. Po ukončení rozkladu peroxidu vodíku se kapalina z hodinového sklíčka spláchně vodou do roztoku a roztok se za horka sráží amoniakem.



Kationty  $\text{Fe}^{3+}$  se rážejí v přítomnosti amonné soli a za tepla, aby vznikla  
Dobře filtrovatelná sraženina.

Při žíhání nesmí překročit teplota  $1200^{\circ}\text{C}$ , jinak by mohl nastat částečný  
rozklad oxidu železitého na oxid železnatoželezitý  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

Stanovení ruší přítomnost jiných kationtů, které se současně srážejí  
amoniakem, např.  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ . Kationty, které tvoří  
s amoniakem rozpustné komplexy, např.  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  také narušují  
analýzu, protože komplexy se adsorbují na sraženinu hydroxidu  
železitého.

**Závěr :** Gravimetricky jsme stanovili železo ve vzorku.

**Poznámky pro učitele:** Vzorek připravte tak, aby obsahoval 0,15 až 0,2g železa ve  
 $100\text{ cm}^3$  roztoku. Časově náročnější práce.

### 3 Vázkové stanovení síranů jako BaSO<sub>4</sub>

**Úkol :** Stanovte sírany gravimetricky.

**Pomůcky :** váhy, odměrná baňka 100 cm<sup>3</sup>, kádinka 250 cm<sup>3</sup>, pipeta, stojan s příslušenstvím, keramická síťka, nálevka, skleněná tyčinka, filtrační papír, stříčka, malý odměrný válec, kahan

**Chemikálie :** roztok vzorku obsahující sírany, roztok HCl (c=2 mol . dm<sup>-3</sup>), roztok BaCl<sub>2</sub> (w=0,1), roztok AgNO<sub>3</sub> (c=0,1 mol . dm<sup>-3</sup>)

**Postup :**

1. V odměrné baňce odměřte přesně 100 cm<sup>3</sup> roztoku vzorku. (Toto množství vzorku obsahuje 0,1–0,2 g iontů SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).
2. Kvantitativně převed'te do kádinky a okyselte 5 cm<sup>3</sup> roztoku HCl.
3. Zahřejte k varu a srážejte po kapkách asi 10 cm<sup>3</sup> roztoku BaCl<sub>2</sub>.
4. Po usazení sraženiny proveďte zkoušku na dokonalost vysrážení malým přídatkem BaCl<sub>2</sub>.
5. Reakční směs zfiltrujte přes filtrační papír, který jste předtím zvažili.
6. Sraženinu několikrát promyjte na filtru horkou destilovanou vodou, až do negativní reakce na chloridy ve filtrátu.
7. Nakonec dejte filtr se sraženinou do sušárny, vysušte do konstantní hmotnosti a v příštím cvičení zvažte.
8. Do protokolu uveďte hmotnost filtru, hmotnost filtru se sraženinou, rozdíl hmotností (hmotnost BaSO<sub>4</sub>), výpočet hmotnosti SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ve vzorku.
9. Jaká činidla se používají při rozpouštění vzorku?
10. Co je dekantace? Jak se přesvědčíte, že sraženina BaSO<sub>4</sub> již není znečištěna chloridy?
11. Jakou hodnotu má gravimetrický faktor při stanovení síranů jako BaSO<sub>4</sub> ?



Z rovnice reakce plyne :  $n(\text{SO}_4^{2-}) = n(\text{BaSO}_4)$

$$m(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{M(\text{SO}_4^{2-})}{M(\text{BaSO}_4)} \cdot m(\text{BaSO}_4)$$

**Závěr :** 100 cm<sup>3</sup> roztoku vzorku obsahuje \_\_\_\_\_ g iontů SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

**Poznámky pro učitele:** Příprava vzorku: rozpust'te 4,54 g Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> . 10 H<sub>2</sub>O nebo 2 g Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> v destilované vodě a doplňte na 1 dm<sup>3</sup>. Ze vzorku odebírejte ke stanovení 100 cm<sup>3</sup> tj. 0,2 g Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. To odpovídá 0,328 g čistého suchého BaSO<sub>4</sub> a 0,135 g SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ve 100 cm<sup>3</sup> roztoku vzorku.

## 4.8 Slovníček nejdůležitějších pojmů používaných v chemické analýze

- Absorpce** - zachycování, pohlcování, např. plynu v kapalině nebo světla (záření) hmotou.
- Acidimetrie** - druh neutralizační titrace, stanovení zásad titrací odměrným roztokem kyselin.
- Adsorpce** - nahromadění plynné, kapalné nebo tuhé látky ve formě iontů nebo molekul (adsorbát) na povrchu jiné tuhé nebo kapalné látky (adsorbent). Síly poutající adsorbát k adsorbentu jsou fyzikální nebo chemické (chemisorpce).
- Alkalimetrie** - druh neutralizační titrace, stanovení kyselin titrací odměrným roztokem zásad.
- Analýza** - rozbor, metody (pracovní postup) analytické chemie. Slouží k určení chemického složení zkoumané látky.
- Analýza celková** – důkaz a stanovení všech složek (prvků, iontů) zkoumané látky
- Analýza elementární** – kvalitativní nebo kvantitativní určení prvků v analyzované látce.
- Analýza fyzikálně chemická** – využívá k určení látek zároveň jejich fyzikální i chemické vlastnosti. Např. se měří intenzita zbarvení produktu vzniklého chemickou reakcí určované látky s činidlem (kolorimetrie, spektrofotometrie).
- Analýza fyzikální** – využívá k určení látek jejich fyzikálních vlastností, které měří většinou složitějšími přístroji (analýza instrumentální).
- Analýza chemická** – klasická metoda analytické chemie. Při kvalitativní chemické analýze se usuzuje na přítomnost prvků (iontů, sloučenin) ve vzorku zkoumané látky podle výrazných chemických reakcí mezi určovanou látkou a činidlem (vznik barevného produktu, sedimentu, plynu). Chemická analýza kvantitativní zahrnuje analýzu vážkovou (viz gravimetrie), odměrnou (viz titrace) a gazometrii.
- Analýza instrumentální** – (fyzikálními nebo fyzikálně chemickými metodami) využívá k určení látek jejich fyzikálních nebo fyzikálně chemických vlastností které se sledují pomocí přístrojů (instrumentů).
- Analýza kapková** – se provádí jen s jednou nebo několika kapkami vzorku a činidel.
- Analýza kvalitativní** – zjišťuje jakost vzorku, dokazuje, z jakých součástí (prvků, sloučenin, iontů) je vzorek složen (provádí důkaz, detekci, identifikaci složek).
- Analýza kvantitativní** – kvantitativně určuje neboli stanovuje množství (procentový obsah) složek v analyzované látce.
- Analýza na mokré cestě** – je založena na pozorování průběhu reakcí v roztocích.
- Analýza na suché cestě** – používá reakcí mezi tuhými látkami, obvykle za zvýšené teploty (pyroreakce).
- Analýza nepřímá** – stanovení dvou nebo více složek ve směsi bez jejich oddělování. Určí se např. obsah jedné složky, dále celkový obsah obou a obsah druhé složky se zjistí z rozdílu.
- Analýza odměrná** – viz titrace
- Analýza vážková** – viz gravimetrie
- Argentometrie** – druh srážecí titrace, stanovení anionů, tvořících ve vodě nerozpustné stříbrné soli (např. chloridů) odměrným roztokem dusičnanu nebo chloristanu stříbrného. Také odměrné stanovení stříbra roztokem chloridu nebo thiokyanatanu.

- Baňka odměrná** – viz nádoby odměrné
- Báze** viz zásada
- Bichromatometrie** – oxidimetrická metoda, titrační stanovení redukovadel odměrným roztokem dichromanu draselného
- Bod ekvivalence** – stav při titraci, kdy v titrovaném roztoku právě kvantitativně zreagovala určovaná látka s přidaným odměrným činidlem ve známém stechiometrickém poměru.
- Byreta** viz nádoby odměrné
- Červen methylová** – azobarvivo používané jako indikátor při neutralizačních titracích s funkční oblastí pH 4,4–6,2 (přechod zbarvení z červeného do žlutého).
- Činidlo ( reagens )** – pomocná látka přidávaná ke zkoumané látce, aby vyvolala chemickou reakci.
- Činidlo Čugajevovo** - (diacetyldioxim, dimethylglyoxim) dává s ionty nikelnatými růžovou sedlinu bis(diacetyldioximato)nikelnatého chelátu.
- Činidlo maskující** (maskovadlo) – převádí ionty na komplexní sloučeniny, tím se odstraní jejich rušivý vliv při určování jiných látek ve směsi.
- Činidlo odměrné** – roztok známé koncentrace odměřovaný z byrety při titraci.
- Činidlo oxidační** – oxidovadlo, má oxidační účinky, váže elektrony.
- Činidlo redukční** – redukovalo, má redukční účinky, odštěpuje elektrony.
- Činidlo selektivní** – reaguje jen s omezeným počtem látek, v dané směsi jen s jednou složkou.
- Činidlo skupinové** – reaguje s určitou skupinou látek za vzniku podobných produktů.
- Činidlo specifické** – reaguje jen s jednou látkou v jakékoliv směsi.
- Činidlo titrační** – činidlo, jímž se titruje.
- Dekantace** – odlévání kapaliny, např. při čištění sedliny (těžké kapaliny) tím, že se rozmíchá s kapalinou (roztokem činidla), v níž se rozpouští cizí látky, nikoliv však sedlina. Směs se nechá usadit a čirá kapalina nad sedlinou se opatrně odlije. Postup se několikrát opakuje.
- Destilace** – dělení kapalných látek na základě jejich rozdílné těkavosti (rozdílné teploty varu). Kapalina se varem převádí na páru, která se v chladiči zkapalňuje (kondenzuje). Nejprve těkají složky s nižšími teplotami varu, ve varné baňce zůstávají látky s vyšší teplotou varu, popř. netěkavé.
- Disociace** – štěpení látek v jednodušší složky. Vznikají-li při tom ionty, jde o ionizaci.
- Důkaz, detekce** – analytické kvalitativní určení složky ( prvku, iontu ) vzorku (viz analýza kvalitativní).
- EDTA** – ethylendiamintetraoctová (ethylendinitrilotetraoctová) kyselina, titrační a maskovací činidlo (Komplexon II, Chelaton 2).
- Ekvivalence** – stav vznikající po smíšení reagujících látek v takovém poměru, aby se utvořila definovaná sloučenina. Počet atomů nebo molekul sloučeniny, který při dané reakci reaguje s jedním atomem vodíku (a jedním elektronem) nebo jej nahrazuje, je ekvivalent.
- Ekvivalent neutralizační** – je molární hmotnost chemického ekvivalentu karboxylové kyseliny, tedy molární hmotnost kyseliny dělená počtem vodíků kyselých skupin v molekule kyseliny, které se uplatnily při její neutralizační titraci.
- Elektrolyt** – látka, která vede elektrický proud, obvykle po roztavení nebo rozpuštění ve vhodném rozpouštědle. Silný elektrolyt je v roztoku úplně disociován, slabý jen částečně.
- Etalon** – viz standard
- Exponent titrační** – pT je pH titrovaného roztoku v bodě ekvivalence.
- Exsikátor** – viz sušení

- Extrakce** – dělení látek založené na jejich rozdílné rozpustnosti v kapalném rozpouštědle. Lze tak dělit směs tuhých látek (vyluhování), popř. směs látek ve vodném roztoku který se extrahuje (vytřepává) rozpouštědlem nemísitelným s vodou.
- Faktor přepočítávací gravimetrický** – stechiometrický poměr molárních hmotností ( $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) určované látky a formy k vážení.
- Faktor přepočítávací titrační** – stechiometrický poměr látkových množství (mol), v němž reaguje určovaná látka s titračním činidlem.
- Fenolftalein** – trifenylmethanové barvivo, používané jako neutralizační indikátor s funkční oblastí pH 8,2–10 (přechod z bezbarvého do červeného zbarvení).
- Filtrace** – mechanické oddělování tuhých látek od kapalných, popř. plynných, při průtoku směsi filtrem, zařízením, na němž se tuhé částice zachytí, takže se oddělí od protékající čiré kapaliny (filtrátu). Filtr může být např. filtrační papír, který se vkládá do nálevky, dále azbest nebo destičky z pórovitého slinutého porcelánu nebo skla, které tvoří dno filtračních kelímků. Podle velikosti tuhých částic je třeba volit filtrační materiál s různou velikostí pórů.
- Gravimetrie, analýza vážková** – přímé nebo nepřímé (diferenční) vážení složek zkoumané látky. Určovaná látka (prvek) se z roztoku oddělí zpravidla ve formě sedimentu (vylučovací forma prvku) srážením přídavkem činidla. Po odfiltrování a promytí se sediment vysuší nebo vyžehne a tím se převede na látku přesně definovaného složení, která se váží. Ze stechiometrie se vypočte obsah určované látky v původním vzorku.
- Hydrolyza** – opak neutralizace, reakce vody se solemi slabých kyselin nebo zásad, při níž vzniká příslušná kyselina a zásada.
- Chelát** – cyklický komplex, v němž centrální ion je vázán současně nejméně ke dvěma donorovým atomům molekuly ligandu, takže vzniká cyklická sloučenina (obvykle pěti- nebo šestičlenný kruh).
- Chelatometrie** – viz komplexometrie
- Chelaton 3** – viz komplexon III.
- Chelon** – viz komplexan.
- Chromatografie** – dělení směsi látek, založené na jejich rozdílné afinitě k povrchově aktivním materiálům nebo jejich rozdílné rozpustnosti ve dvou vzájemně nemísitelných kapalinách.
- Chyba náhodná** – je příčinou nepřesnosti výsledků stanovení. Způsobuje odchylky naměřených hodnot od jejich aritmetického průměru.
- Chyba soustavná (systematická)** – rozdíl mezi naměřenou a skutečnou hodnotou, hlavní příčina nesprávnosti výsledků stanovení.
- Identifikace** – určení totožnosti neznámé látky.
- Indikátory** (chemické, vizuální) – jsou látky (zpravidla organické), jejichž zbarvení se náhle mění při dosažení bodu ekvivalence při titraci.
- Indikátory komplexometrické, melatochromní** – používané při komplexometrických (chelatometrických) titracích, tvoří barevné komplexy s kovovými ionty.
- Indikátory neutralizační** – slabé organické kyseliny nebo zásady, používané při acido- a alkalimetrických titracích, mění své zbarvení v závislosti na pH roztoku.
- Indikátory oxidačně redukční** – používané v oxida- a reduktometrii. Jejich zbarvení se mění v závislosti na redukčním potenciálu roztoku.
- Inhibitor** – negativní katalyzátor, látka zmenšující reakční rychlost, popř. aktivitu katalyzátorů.

**Ion centrální (středový)** – součást komplexní sloučeniny, k níž jsou vázány ligandy.

**Ionizace** – vznik iontů z nenabitých částic- termín používaný namísto disociace

**Izolace** – oddělení složky (prvku, sloučeniny, iontu, minerálu, fáze) ze směsi, založené na rozdílných fyzikálních, fyzikálně chemických, popř. chemických vlastnostech složek.

**Jodometrie** – oxidimetrická titrace redukovadel odměrným roztokem jodu. Též nepřímé stanovení oxidovadel založené na jejich reakci s jodidem, při níž vzniká ekvivalentní množství jodu, který se titruje odměrným roztokem thiosíranu nebo arsenitanu.

**Katalyzátor** – látka urychlující chemickou reakci

**Komplex** – komplexní sloučenina, v níž jsou k centrálnímu atomu (nebo iontu) vázány molekuly nebo ionty (ligandy). Komplex vzniká sloučením dvou nebo více jednoduchých valenčně nasycených látek na složitější útvar.

**Komplex cyklický** – viz chelát

**Komplex inertní** – který ze svých složek vzniká nebo se ne ně štěpí (disociuje) jen velmi zvolna.

**Komplex labilní** – který rychle ze svých složek vzniká a zase se na ně štěpí.

**Komplex nestabilní** – je značně disociován.

**Komplex smíšený** – v němž k centrálnímu atomu (iontu) jsou vázány dva nebo více různých ligandů.

**Komplex stabilní** – je jen velmi málo disociován.

**Komplex vícejaderný** – obsahuje několik centrálních atomů (iontů).

**Komplexan (chelon)** – alifatická  $\alpha$ -aminokyselina alespoň se dvěma karboxylovými skupinami, která vytváří s kovovými ionty stabilní komplexy (cheláty).

**Komplexometrie (chelatometrie)** – titrace činidlem tvořícím s určenou látkou komplexní sloučeninu (chelát). V užším smyslu slova titrace roztokem komplexonu III (Chelatonu 3).

**Komplexon III (Chelaton 3)** – obchodní název dvojsodné soli kyseliny ethylendiamin-tetraoctové (ethylendinitrilotetraoctové). Další obchodní názvy: Titriplex III, Trilon, sequestrene, versete.

**Koncentrace** – udává obsah složky v roztoku např. v % nebo v  $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-1}$  zkoncentrování, zahušťování, zvýšení obsahu složky v roztoku, např. odpařením rozpouštědla

**Koncentrace látková** – vyjádřená látkovým množstvím (mol) v objemu ( $\text{dm}^3$ ) roztoku

**Konec titrace** – stav při titraci, kdy na základě barevné změny indikátoru (popř. údaje vhodného měřicího přístroje) ukončíme přidávání titračního činidla do titrovaného roztoku. Konec titrace má souhlasit s bodem ekvivalence.

**Konstanta disociační** – veličina charakterizující disociační rovnováhu.

**Konstanta rovnovážná** – veličina charakterizující rovnováhu, která se ustavuje při chemických reakcích.

**Konstanta stability komplexu** – převrácená hodnota jeho disociační konstanty.

**Kyselina** – látka schopná odštěpovat vodíkové ionty (protony).

**Látka základní** – viz standart

**Ligand** – částice (molekula, ion), vázaná k centrálnímu atomu (iontu) v komplexní sloučenině.

**Manganometrie** – viz permanganometrie

**Maskování** – převádění látky (iontu), která ruší určení dané složky ve směsi, přidávkem komplexotvorného činidla na komplexní sloučeninu, takže koncentrace rušivé látky klesne natolik, že již nedává reakci s činidlem sloužícím k určení dané složky ve směsi.



- Meniskus** – zakřivený povrch kapaliny v úzké trubici.
- Merkurimetrie** – komplexometrická metoda, při níž se titrují chloridy, thiokyanatany nebo kyanidy odměrným roztokem dusičnanu nebo chloristanu rtuťnatého za vzniku rozpustné, málo disociované komplexní soli.
- Mineralizace** – převádění organické látky na anorganické sloučeniny např. varem s koncentrovanou kyselinou sírovou za přítomnosti katalyzátoru (kjeldahlace) nebo tavením se sodíkem.
- Množství látkové** – jedna ze sedmi nezávislých základních fyzikálních veličin. Jednotka látkového množství je mol.
- Modř bromthymolová** – trifenylmethanové barvivo používané jako neutralizační indikátor s funkční oblastí pH 6,0–7,6 (přechod zbarvení ze žlutého do modrého).
- Mol** – látkové množství v systému, který obsahuje tolik základních jednotek (atomů nebo molekul, iontů apod.), kolik atomů uhlíku obsahuje 12 g (přesně) izotopu uhlíku  $^{12}\text{C}$ . Tento počet udává Avogadrova konstanta  $N_{\text{A}} = 6,02252 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .
- Nádoby odměrné (kalibrované)** – odměřují objem kapaliny nebo plynu, jsou opatřeny značkou nebo stupnicí označující objem (obvykle při 20°C), který jímají, popř. který z nich vyteče. K přibližnému odměřování slouží odměrné válce. Roztoky přesného objemu se připravují v odměrných baňkách. Odměřují se pipetami nebo byretami. Objem plynu se odměřuje v plynových pipetách nebo byretách, tj. eudiometrech (azometry k jímání dusíku, nitrometry pro oxid dusnatý).
- Neutralizace** – reakce kyselin se zásadami za vzniku solí.
- Oblast funkční** – u indikátorů neutralizačních rozmezí pH (u indikátorů oxidačně redukčních rozmezí redukčních potenciálů) v němž se indikátor barevně mění.
- Oranž methylová** – azobarvivo používané jako neutralizační indikátor s funkční oblastí pH 3,1–4,4 (přechod zbarvení z červeného do žlutého).
- Oxidace** – zvyšování mocenství prvku, ztráta elektronů.
- Oxidimetrie** – titrační stanovení redukovadel odměrným roztokem oxidovadla, jehož spotřebovaný objem se měří.
- Oxidovadlo** – viz činidlo oxidační.
- Papír filtrační** – v podstatě čistá celulóza o velikosti pórů 2–6  $\mu\text{m}$ , slouží k filtraci sedimentů nebo po napojení činidlem (papír reagenční) nebo indikátorem (papír indikátorový) k provádění barevných reakcí, popř. určování pH srovnáváním se standardní stupnicí. Kvantitativní filtrační papír zanechává po spálení jen nepatrný zbytek (méně než asi 0,1 mg).
- Permanganometrie (manganometrie)** – oxidimetrické titrační stanovení redukovadel odměrným roztokem manganistanu.
- pH** – záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů, měřítko kyselosti roztoků
- Pipeta** – viz nádoby odměrné
- pOH** – záporný dekadický logaritmus aktivity hydroxidových iontů
- Pokus slepý (srovnávací, kontrolní)** – reakce prováděná při analýze pouze s činidly nebo rozpouštědly bez zkoumaného vzorku, aby se zjistilo, zda činidla neobsahují určovanou složku nebo aby se zjistil její přibližný obsah v činidlech a rozpouštědlech, popř. aby se zjistil potřebný přírůstek titračního činidla k vyvolání určité barevné změny při ukončení titrace a mohla být zavedena potřebná korekce.

**Potenciál oxidačně redukční (redox p.)** – měřítko schopnosti látky ve vyšším oxidačním stupni vázat elektrony a přecházet na nižší oxidační formu.

**Prvek stopový** – prvek obsažený v dané látce v množství menším než asi 0,01 %.

**Přesnost metody** – souhlas výsledků opakovaného stanovení určité látky danou metodou mezi sebou, popř. s jejich aritmetickým průměrem.

**pT** – titrační exponent – pH titrovaného roztoku v bodě ekvivalence (při neutralizační titraci)

**Puf** – viz roztok tlumivý.

**Reakce** – děj, při němž nastávají látkové (chemické) změny (viz též zkouška, činidlo).

**Reakce kvalitativní** – slouží k důkazu látek.

**Reakce kvantitativní** – reakce mezi určenou látkou a činidlem, při níž nezreagovaný podíl určované látky je nevažitelný na běžných analytických vahách (méně než asi 0,1 mg).

**Reakce roztoku** – a) kyselá (koncentrace vodíkových iontů je větší než koncentrace hydroxidových iontů).  
 b) zásaditá (koncentrace hydroxidových iontů je větší než koncentrace vodíkových iontů).  
 c) neutrální (koncentrace vodíkových a hydroxidových iontů se rovnají).

**Reakce selektivní** – reakce, kterou poskytuje s daným činidlem pouze jedna látka v určité směsi.

**Reakce skupinové** – podobné reakce (např. srážecí) celé skupiny s daným činidlem.

**Reakce specifické** – reakce, kterou dává s daným činidlem pouze jedna látka (prvek, ion).

**Redukce** – snižování mocenství prvku, vázání elektronů.

**Redukovalo** – viz činidlo redukční.

**Reduktometrie** – titrační stanovení oxidovadel odměrným roztokem redukovala.

**Rozpouštědlo** (rozpustilo) – viz roztok.

**Rozpouštědlo amfiprotní** – má zároveň kyselou i zásaditou povahu.

**Rozpouštědlo aprotické** – nemá schopnost vázat ani odštěpovat protony.

**Rozpouštědlo protofilní** – má schopnost vázat protony.

**Rozpouštědlo nepolární** – je složeno z molekul, v nichž kladné i záporné náboje jsou úplně vyrovnány.

**Rozpouštědlo polární** (dipolární) je složeno z molekul, jejichž jeden konec má přebytek kladného a druhý konec záporného náboje, i když v celku je molekula elektroneutrální.

**Rozpouštění** – převádění látky působením činidla (rozpouštědla) do roztoku.

**Rozpustnost** – koncentrace látky v jejím nasyceném roztoku při dané teplotě.

**Roztok** – homogenní soustava (plynná, kapalná, tuhá) dvou nebo více složek. Složka, jež je v přebytku se nazývá rozpouštědlo a jsou v něm molekulárně rozptýleny ostatní složky roztoku.

**Roztok bezbarvý** – který neabsorbuje záření žádné vlnové délky z viditelného spektra (400 až 800 nm).

**Roztok čirý** – nezkalený (může však být zbarven).

**Roztok koloidní** – v němž je velikost rozptýlených částic v rozmezí asi  $10^{-4}$  až  $10^{-7}$  cm.

**Roztok nasycený** – v němž se už další podíl dané tuhé látky při určité teplotě a tlaku nerozpouští.

**Roztok odměrný** – přesně známé koncentrace, jímž se titruje.

**Roztok přesycený** – obsahující danou látku v koncentraci větší než odpovídá

nasycenému roztoku. Nerovnovážný stav přesyceného roztoku lze porušit např. prudkým mícháním roztoku, z něhož se pak přebytečný podíl rozpuštěné látky vyloučí v tuhé fázi.

**Roztok standardní** – s přesně známou koncentrací.

**Roztok tlumivý (tlumič, pufr)** - jehož pH se přidavkem určitého objemu silné kyseliny nebo zásady příliš nemění ve srovnání s přidavkem těchto látek do čisté vody. Tlumivý roztok obsahuje obvykle směs slabé kyseliny a její soli, popř. slabé zásady a její soli.

**Ředění** – přidávání rozpouštědla k roztoku, takže koncentrace rozpuštěné látky se zmenšuje.

**Sedlina** – viz srážení.

**Silikagel** – gel kyseliny křemičité, pórovitá látka, vysoušecí činidlo.

**Skupina funkční** – určité seskupení atomů v molekule organické látky, např. zásaditá aminoskupina  $-NH_2$ , kyselá karboxylová skupina  $-COOH$  apod.

**Soluce** – roztok.

**Součin rozpustnosti** – konstanta charakterizující málo rozpustné elektrolyty.

**Spolehlivost** – správnost a přesnost stanovení (metody).

**Správnost metody** – souhlas výsledků stanovení určité látky danou metodou se skutečným obsahem této látky ve vzorku.

**Srážení (precipitace)** – pochod, při kterém se v kapalném roztoku vylučuje tuhá fáze (sraženina) přidavkem činidla (srážedla). Vlastní činidlo se může tvořit ve sráženém roztoku pomalu probíhající chemickou reakcí (srážení z homogenního prostředí).

**Standard (etalon, normál, základní látka)** – látka známého, přesně definovaného a konstantního složení (stálá na vzduchu), používaná jako základ při kontrole správnosti různých metod analýzy, popř. údajů různých přístrojů.

**Standard primární** – slouží k stanovení koncentrace (titru) roztoků při titraci, popř. k přípravě základních odměrných roztoků (přesně definované koncentrace).

**Standard sekundární** – slouží k přípravě roztoků přibližné koncentrace.

**Stanovení** – analytické kvantitativní určení množství (obsahu) složky (prvku, iontu) ve vzorku.

**Stechiometrie** – (z řečtiny : měření základních součástí), nauka o poměrech, v nichž se spolu slučují prvky na chemické sloučeniny.

**Sůl** – látka vznikající neutralizací kyselin zásadami.

**Suspenze** – heterogenní systém, v němž jsou tuhé částice (větší než asi  $10^{-4}$  cm) rozptýlené v kapalině.

**Sušení** – zbavování látek vlhkosti buď při laboratorní teplotě v exsikátor (uzavíratelná nádoba obsahující vysoušecí činidlo, např. chlorid vápenatý, bezvodý chloristan hořečnatý neboli anhydron, oxid fosforečný, koncentrovanou kyselinu sírovou, silikagel), nebo za zvýšené teploty (asi  $100-250^\circ C$ ) v elektricky vyhřívané sušárně.

**Tavení** – pochod, jímž se tuhá látka zvýšenou teplotou převede do kapalného stavu (vzniká tavenina).

**Test** – viz zkouška.

**Titr** – přesná koncentrace odměrného roztoku titračního činidla, obvykle se vyjadřuje v jednotkách  $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

**Titrace (volumetrie, analýza odměrná)** – druh analýzy kvantitativní, určovaná látka v titrovaném roztoku se titruje roztokem činidla (tj k titrovanému roztoku se z byrety odměřuje roztok titračního činidla) přesně známé koncentrace (titru) až do okamžiku, kdy určovaná látka s činidlem kvantitativně

zreaguje. V tom okamžiku se dosáhne bodu ekvivalence, změří se objem spotřebovaného činidla a ze stechiometrie se vypočte obsah nebo koncentrace určované složky v roztoku.

**Třída analytická** – skupina iontů poskytujících s daným činidlem podobné reakce (např. sraženinu).

**Určování látek** (prvků, sloučenin, iontů), důkaz (kvalitativní analýza) nebo stanovení (kvantitativní analýza) látek.

**Volumetrie** – viz titrace.

**Vytřepání** – viz extrakce.

**Vzorek** – určitý podíl látky, s nímž se provádí analýza.

**Zahušťování** – koncentrování, zvětšování koncentrace rozpuštěné látky v roztoku, např. odpařováním rozpouštědla.

**Zásada (báze)** – látka schopná vázat protony (podle Brönsteda), popř. látka schopná odštěpovat hydroxidové ionty (podle Arrhenia)

**Zkouška (test)** – druh analýzy k posouzení určitých vlastností suroviny nebo výrobku.

**Zkouška plamenová** – důkaz některých prvků podle charakteristického zbarvení nesvítivého plamene, do něhož se zkoumaná látka vloží na platinovém drátku.

**Zmýdelnění** – reakce esterů se zásadami, při níž vzniká příslušný alkohol a sůl mastné kyseliny (mýdlo).

**Zrání sedliny (digesce)** – ponechání sraženiny ve styku s jejím nasyceným roztokem, obvykle za zvýšené teploty, aby se zvětšila velikost částic sedliny, a tedy zmenšil její povrch v důsledku její polymerace (stárnutí). Tím se zmenší znečištění sedliny způsobené adsorpcí cizích látek na jejím povrchu.

**Zředování** – ředění, přidávání rozpouštědla k roztoku, takže koncentrace rozpuštěné látky se zmenšuje.

**Ztráta žiháním** – váhový úbytek látky při jejím žihání.

**Žihání** – zahřívání látek na vzduchu (většinou v kelímku) v plameni plynového kahanu, popř. v elektrické pídce na teplotu asi 800°C. Při tom se odstraní těkavé látky, přítomné v původním vzorku nebo vzniklé rozkladem za zvýšené teploty.

## 4.9 Činidla používaná v analytické chemii

- Barytová voda:** V 1000 cm<sup>3</sup> převařeného destil. H<sub>2</sub>O rozpustíme 7 g Ba(OH)<sub>2</sub> a 1 g BaCl<sub>2</sub>
- Difenylaminové činidlo:** 0,01 g difenylaminu rozpustíme ve 100 cm<sup>3</sup> konc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Fehlingův roztok:** Fehling I – ve 100 cm<sup>3</sup> destil. H<sub>2</sub>O rozpustíme 3,5 g CuSO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O  
Fehling II – ve 100 cm<sup>3</sup> destil. H<sub>2</sub>O rozpustíme 17 g vlnanu sodnodraselného a 10 g NaOH. Uchovávejte v oddělených reagenčních lahvích. Před reakcí se oba roztoky míchají v poměru 1 : 1.
- Floroglucinol:** 1 g floroglucinolu rozpustíte v 50 cm<sup>3</sup> alkoholu /w=0,96/  
**Chlorzinkjód:** ve 21 cm<sup>3</sup> destil. H<sub>2</sub>O rozpustíte 40 g ZnCl<sub>2</sub>, 13 g KI, 2,6 g I<sub>2</sub> – slijte do temné reagenční lahvičky (rozpustíme 10 g Zn v 25 cm<sup>3</sup> konc. HCl, v digestoři odpaříme na polovinu a přidáme 3 g KI a 1,5 g I<sub>2</sub>)
- Lugolův roztok:** ve 100 cm<sup>3</sup> rozpustíte 1,5 g KI a 0,5 g I<sub>2</sub>
- Metylčerveně:** roztok metylčerveně v ethanolu /w=0,0004/
- Molischovo činidlo:** roztok 1-naftolu v ethanolu /w=0,1/
- Molybdenová sloučenina:** Ve směsi 20 cm<sup>3</sup> amoniaku, 25 cm<sup>3</sup> roztoku konc. HNO<sub>3</sub> a 400 cm<sup>3</sup> destil. H<sub>2</sub>O rozpustíte 3 g molybdenanu amonného.
- Nesslerovo činidlo:** 6 g HgCl<sub>2</sub> rozpustíte v 50 cm<sup>3</sup> teplé destil. H<sub>2</sub>O srážejte roztokem 7,4 g KI v 50 cm<sup>3</sup> vody. Sraženinu několikrát dekantujte, sraženinu rozpustíte přidáním 5 g KI a nejmenšího množství vody, přendejte do baňky a přidejte k ní 65 cm<sup>3</sup> NaOH /w=0,3/ a doplňte na objem 100 cm<sup>3</sup>. Po filtraci uchovávejte v hnědé lahvi.
- Nylanderovo činidlo:** v 90 cm<sup>3</sup> destil. H<sub>2</sub>O postupně rozpustíte 10 g NaOH, 4 g vlnanu sodnodraselného a 2 g zásaditého dusičnanu bismutitého. Po rozpuštění přefiltrujte do temné reagenční lahvičky.
- Selivanovo činidlo:** ve směsi HCl (50 cm<sup>3</sup>) a vody (50 cm<sup>3</sup>) se rozpustíte 0,05 g rezorcinolu
- Schiffovo činidlo:** 200 cm<sup>3</sup> destil. H<sub>2</sub>O rozpustíte 0,5 g fuchsinu, 10 cm<sup>3</sup> HCl /w=0,25/ a 1 g NaHSO<sub>3</sub>. Uchovávejte v dobře uzavřené lahvi. Starší roztoky ztrácejí citlivost.
- Směsný indikátor:** 0,1 g metylčerveně a 0,2 g bromkrezolové zeleně se rozpustí ve 100 cm<sup>3</sup> ethanolu /w=0,6/.
- Sudan III:** připravte nasycený roztok barviva v ethanolu /w=0,96/  
0,01 g práškového Sudanu III rozpustíte v 5 cm<sup>3</sup> ethanolu /w=0,96/ a přidejte 5 cm<sup>3</sup> glycerolu (jiná příprava).
- škrobový maz :** 1,5 g bramborového škrobu rozmícháme v malém množství vody (10 cm<sup>3</sup>), pak za stálého míchání suspenzi vlijeme do 100 cm<sup>3</sup> vroucí vody, krátce povaříme a zchladíme.
- Thymol:** roztok v ethanolu /w=0,05/
- Tollensovo činidlo:** připravuje se a přechovává ve dvou roztocích, které se míchají až před použitím. Roztok I je vodný roztok AgNO<sub>3</sub> /w=0,05/ Roztok II je vodný roztok NaOH /w=0,001/. Před upotřebením se smíchají stejné objemy obou roztoků a přidává se po kapkách roztok amoniaku /w=0,02/, až se vyloučený oxid stříbrný právě rozpustí (přebytek amoniaku snižuje citlivost činidla). Po provedené reakci se reakční směs ihned vylíje –

nebezpečí vzniku třaskavého stříbra. Nenecháváme dlouho stát amoniakální roztoky stříbra, mohou samovolně explodovat. Nespotřebované činidlo rozložíme kyselinou dusičnou.

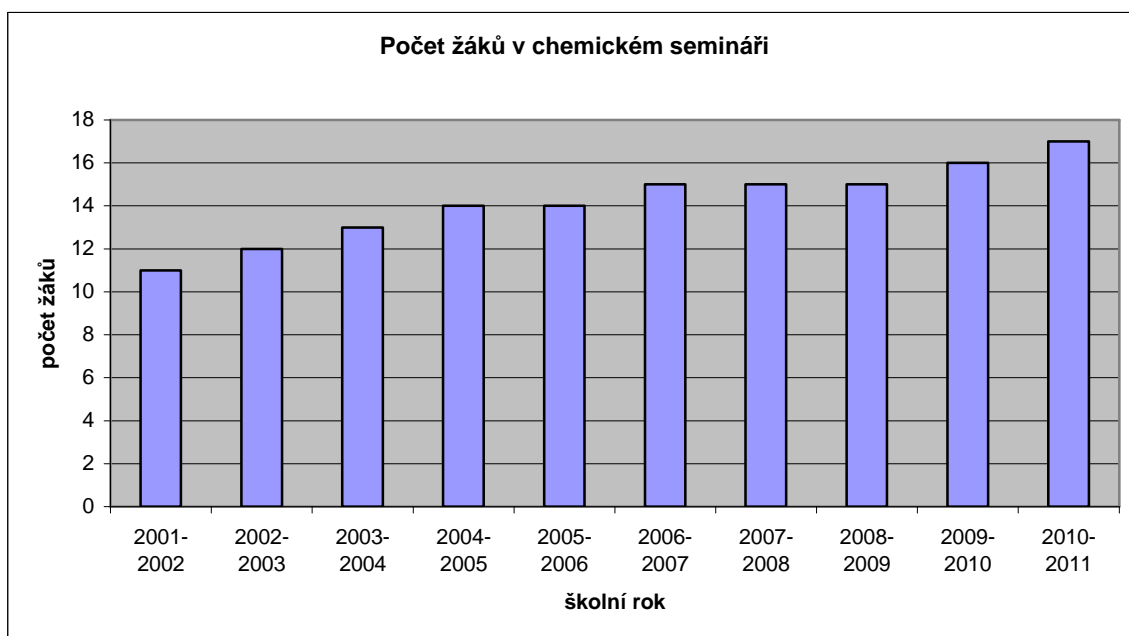
**vápenná voda :** 2 g CaO přidáme do 100 cm<sup>3</sup> vody a dobře promícháme, suspenzi po chvíli přefiltrujeme.

Upraveno a vybráno z publikací /Čtrnáctová, Halbych, Hudeček, Šimová 2000/, /Hrstka 1998/, /Šrámek, Kosina 1996/, /Chovanová 1996/ a /Beneš a kol. 1986/.

## 5 DISKUSE VÝSLEDKŮ A ZÁVĚRY

Pro tuto práci jsem si stanovila několik cílů: charakterizovat důležitost chemického experimentu ve výuce chemie, charakterizovat důležitost zařazování analytické chemie do výuky chemie jakožto jedné z oblastí ve vzdělávacím obsahu učiva chemie, ukázat možnost fungování mezipředmětových vztahů a vazeb mezi analytickou chemií a některými přírodovědnými předměty a obory, vyhodnotit úlohu a význam testování, hodnocení vědomostí a znalostí žáků po absolvování dvouletých laboratorních cvičení. Pro potřebu laboratorních cvičení na gymnáziu rozpracovat laboratorní úlohy a rozdělit je do jednotlivých tématických oblastí tak, aby mohly být učiteli přeneseny do výuky a vytvořit výběrové modely úloh použitelné pro různé typy laboratorních cvičení. V návaznosti na jednotlivé cíle stanovené v úvodní kapitole tedy shrnuji:

- Vzdělávací oblast Člověk a příroda v RVP pro gymnázia zahrnuje i obor chemie a za základní postup při naplnění jeho cílů si stanovila osvojování metody vědeckého výzkumu a myšlení při hledání zákonitosti procesů. Cíle této vzdělávací oblasti lze přirozeně naplnit pomocí propojení aktivního vlastního pozorování a měření při laboratorních cvičeních s poznatky a teoriemi v průběhu poznávacích činností žáků. Dlouhodobé zkušenosti s výukou chemie ukazují, že zvýšením počtu hodin laboratorních cvičení ve výuce stoupá i zájem žáků o chemické semináře v posledních dvou ročnících studia na gymnáziu. Mnozí žáci z těchto seminářů po maturitě chemii studují. S implementací laboratorních cvičení (fyzika, chemie, přírodopis) v rámci ŠVP v primě až kvartě víceletého gymnázia v roce 2007 se zvýšil zájem o přírodovědné předměty – tabulka 21. Prozatím nelze tento zájem statisticky zpracovat, jedná se o subjektivní hodnocení a je třeba vyčkat až na počet těchto žáků v seminářích v septimě a oktávě. Jedinná možnost hodnocení se nabízí podle zájmu a počtu soutěžících studentů ve školním kole chemické olympiády kategorie D. Během minulých let byl zájem nevelký, jednalo se vždy o jednoho až dva žáky. Ve školním roce 2010-2011 soutěžilo žáků šest.



**Tabulka 21: Počty žáků v chemickém semináři v třetích a čtvrtých ročnících během posledních deseti let**

- Analytická chemie se zabývá teorií i praktickým využíváním chemických a fyzikálně chemických metod zjišťování složení látek, proto je důležité ji jako součást chemických oborů zařazovat do výuky na gymnáziu. Podle RVPG /Kolektiv autorů<sup>2)</sup>/ má být analytická chemie ve výuce zastoupena přibližně 5%. Analytický přístup k posuzování chemických látek učí žáky nejen chemii, ale tyto postupy a způsob myšlení jsou aplikované i v dalších oborech. Žáci se učí přesně, podrobně a pečlivě analyzovat danou látku (nebo situaci), vyvodit závěry a badatelským způsobem vytvořit hypotézu pro další postup.

- Průřezová témata tvoří povinnou část vzdělávání, pomáhají doplňovat a propojovat jednotlivé předměty a naplňovat tak cíle a obsah ŠVP. Tato témata ovlivňují postoje, hodnotový systém, jednání žáků a jsou v současnosti vnímána jako aktuální. V rámci výuky chemie se přímo nabízí zařadit průřezové téma Environmentální výchova a výchova k trvale udržitelnému rozvoji. Zvláště pak v laboratorních cvičeních mají žáci možnost seznámit se s obsahem problematických látek v životním prostředí, potravinách, ve svém okolí. Také mediální výchova, v rámci které může chemie jasně poukázat na funkci klamavé reklamy, na pochybení a nepřesnosti na návodech a letáčích různých produktů pomocí chemické analýzy, pomáhá utvářet představy o roli médií. Osobnostní a sociální výchova přirozeně prolíná během kooperace a komunikace v průběhu skupinové práce při laboratorních cvičeních. Učitel má tak jedinečnou možnost i při chemii nejen pozorovat, ale i nenásilně ovlivňovat během práce chování a jednání žáků. Také sami žáci ve skupině velmi rychle zjistí, že problematiku laboratorní úlohy musí řešit v souladu s ostatními tak, aby celá skupina dosáhla kýženého výsledku. Mezipředmětové vztahy chemie bývají tradičně nejsilnější s biologií, ale chemie může být propojena v rámci seminářů např. i s fyzikou (studium látek z pohledu chemika a fyzika). V předmětu Informatika se žáci mohou naučit vhodně formátovat protokoly a práci s chemickými programy, např. ChemSketchem.

- Vzhledem k tomu, že žáci během laboratorních cvičení pracují ve 2-3 členné skupince, je hodnocení výsledků práce poněkud problematické. Žáci jsou hodnoceni za pečlivé a správné doplnění chemických rovnic a výpočtů do protokolů a za sepsání logických závěrů. Doporučuji za pololetí protokoly hodnotit jednou souhrnnou známkou. Další možnosti spočívají v sestavení jednorázového znalostního testu, který se týká úloh prováděných během školního roku. Jednotlivé úlohy musí být sestaveny tak, aby žák, který na některých hodinách chyběl nebyl znevýhodněn. Nabízí se také možnost sestavit dotazník, ve kterém mají žáci možnost vyjádřit se k obtížnosti úloh, k jejich využití při výkladových hodinách, jiných předmětech i běžném životě. Je vhodné zařadit také dotazy, které se týkají úrovně spolupráce žáků ve skupině během práce.

- Úlohy pro práci v analytických cvičeních byly rozděleny podle příslušnosti k jednotlivým oblastem, které žáky nejvíce zajímají – Analýzy: vody, potravin, rostlin, polymerů, látek důležitých pro zdraví člověka a v zemědělství. Dalšími oblastmi jsou Využití mikroskopu v analytické chemii, Některé fyzikálně chemické metody v jednoduchém uspořádání, Analytická chemie kvalitativní a kvantitativní (odměrná analýza a gravimetrie). Jednotlivé úlohy byly v rámci jednotlivých oblastí rozpracovány tak, aby je učitel mohl využít a přenést přímo do výuky. Úlohy obsahují stručné řešení a jsou doplněny metodickými doporučeními pro učitele. V příloze jsou protokoly



jednotlivých úloh pro žáky (bez řešení a poznámek pro učitele). Všechny úlohy byly ověřeny v praxi ve výuce na gymnáziu v uplynulých 15 letech.

- Práce obsahuje 114 rozpracovaných úloh pro potřeby cvičení z analytické chemie. Učitelé mají možnost zařazovat jednotlivé úlohy s ohledem na materiální možnosti, na vybavení chemické laboratoře a úroveň vědomostí žáků. Pro ucelenou představu o analytické chemii je důležité do ročního plánu zařadit co nejrozmanitější úlohy. Proto bylo vytvořeno pět modelů pro výběr úloh pro celoroční plán různých typů laboratorních prací. Jeden model pro dvouletá a jeden pro jednoletá praktická cvičení, model pro chemický seminář, model pro speciální např. Seminář praktické chemie nebo Chemicko-fyzikální seminář. Poslední model je vhodný také pro dlouhodobější projekty nebo přírodovědné kurzy.

## 6 SHRNUÍ

Na závěr práce jsou shrnuty nejdůležitější myšlenky z jednotlivých kapitol. Domnívám se, že cíle, které byly stanoveny na začátku, byly naplněny a že tato práce bude příspěvkem k rozvoji vnímání analytické chemie jako nedílné součásti výuky chemie na gymnáziu.

Za cíl své práce jsem si stanovila vytyčit důležitost chemického experimentu a jeho zařazování do výuky analytické chemie, zvláště pak vysvětlit a zdůraznit důležitost postavení analytické chemie ve výuce na gymnáziu. Dále pak v souladu s kurikulárními dokumenty ukázat možnost fungování mezipředmětových vztahů a vazeb mezi analytickou chemií a dalšími předměty a zařazování průřezových témat do výuky analytické chemie. Dalším cílem bylo zaměřit se na žáky a realizovat a vyhodnotit úroveň vědomostí žáků. Zaměřila jsem se také přímo na jednotlivé experimentální úlohy a rozdělila jsem je do skupin podle příslušnosti k jednotlivým sférám zájmu a rozpracovala jsem je tak, aby je učitel mohl přenést do výuky a sám měl k dispozici poznámky k jejich realizaci.

V rámci toho je popsána organizace práce v laboratorních cvičeních, minimální vybavení, které musí pro jejich realizaci škola mít a jsou vytknuta specifika analytických cvičení, a to v situaci, kdy školy z finančních důvodů dělené hodiny, věnované praktickým činnostem omezují. Pokud si však uvědomíme funkci chemického pokusu při osvojování učiva, při formování a rozvíjení osobnosti žáka, je tato forma ve výuce nezastupitelná. Zvláště v analytické chemii jsou chemická praktika a chemický pokus nejučinnější formou, jak dospět k empirickým poznatkům. Během praktických činností je možno kombinovat a střídat informativní, úkolové i problémové vyučovací metody a doporučuje se občas zařazovat i další aktivizační metody, například projektové aktivity. Tyto teoretické předpoklady pro vedení praktických činností, jsou podloženy mnohaletou praxí na gymnáziu, kde žáci projdou dvouletými laboratorními cvičeními z chemie a podle výsledků písemných testů v hodinách ukazují, že znalosti podložené experimentem jsou pro ně lépe osvojitelné a zapamatovatelné.

Na závěr dvouletých laboratorních cvičení každoročně píší žáci test, který se týká vědomostí a dovedností získaných během experimentální činnosti. Z výsledků testů vyplývá, že žáci si dobře zapamatují informace mnohokrát opakované nebo podložené nápadným experimentem, s barevnými změnami. Naopak otázky, založené na řešení chemických reakcí nebo výpočtech jsou pro žáky stále téměř neřešitelné.

V rámci výzkumu byl v této práci proveden průzkum učebnic chemie, které jsou v současné době na trhu a jsou ve školách nejvíce používány. Bylo zjištěno, že z devíti učebnic chemie je analytické chemii věnovaná malá kapitola pouze ve dvou z nich. Speciální publikace vhodné pro střední školu, které se týkají analytické chemie, jsou pouze tři. Lze vybrat některé úlohy z dalších šesti publikací, které se na analytickou chemii přímo nespecializují nebo úlohy z publikací pro jiné typy škol.

Na středních školách není stěžejní pouze předávat informace v jednotlivých předmětech, ale mnohem důležitější je informace vhodně mezipředmětově prolínat. Analytická chemie je právě takové pojítko mezi mnoha obory. Průřezová témata jako je Environmentální výchova a výchova k udržitelnému rozvoji, Mediální výchova jsou tak přirozeně zařaditelná do mnoha úloh z analytické chemie.

V práci je rozpracováno 114 úloh, které jsou rozděleny do jedenácti skupin. Úlohy se týkají analýzy vody, potravin, rostlin, polymerů. Některé úlohy se týkají zemědělství a zdraví člověka. V několika úlohách jsou použity jednoduché přístroje a zařízení nebo mikroskop. Úlohy jsou ve skupinách řazeny bez ohledu na to, zda se jedná o anorganickou, organickou chemii nebo analýzu kvalitativní a kvantitativní. Přesto se tomuto klasickému členění v mnoha případech nevyhneme z důvodů procvičení základních postupů a technologií. Úlohy jsou připravené přímo do výuky s řešením a metodickými poznámkami pro učitele.

Veškeré části práce jsou zpracovány na základě závazných školských dokumentů, dostupných teoretických podkladů, literatury odborné i pedagogické a hlavně zkušeností nabytých letitou výukou chemie ve škole. Přála bych si, aby moje práce přispěla k posunu vnímání analytické chemie a chemického experimentu na gymnáziu, jak u učitelů chemie, tak i u jejich žáků.

## 7 SUMMARY

At the end of my thesis about the importance of chemical experiments in chemical education and especially about the importance of analytic chemistry in secondary grammar schools I'd like to summarize the most important ideas from particular chapters. I think that the objects I have determined at the beginning, have been filled and my work will help to perceive analytic chemistry as an integral part of chemistry education in secondary grammar schools.

I have emphasized importance of chemical experiment and its use in analytical chemistry education. I have pointed a possibility of working relation among school subjects and a possibility of putting several cross-sectional topics into analytic chemistry education. Other object was to check students' knowledge. I have also intent on particular experiments and I have dividend them into several groups and I have prepared them to be put just into lessons by teachers and some notices and solutions are added.

I have described the work during the experimental lessons, the equipment for them, specific matter of analytical chemistry. When we understand the function and importance of chemical experiment in acquiring subjekt, in forming and advancementig pupils, we consider this kind of education very important. Chemical experiments and practical lessons are the most effective especially in analytical chemistry to gain a piece of knowledge. It is used to beeing recommended to add other educational methods and sometimes use some project activities. When students have during their studies two-year-practical lessons (in our school they have), they are better in their exam tests and they can remember subjekt better.

At the end of two-year-practical chemistry lessons, students usually write speciál test of analytical chemistry. I can say that it is still problem for our students to solve the topics based on mathematics or chemical reactions. On the other hand students are good at topics based on chemical experiments and colourful reactions.

I tried to check a lot of textbooks used for teaching chemistry and only two of them had speciál (but little) part focused on analytic chemistry. Teachers can use three other books, which are acceptable for teaching practical lessons. There are several books written for speciál secondary schools which can be used as well.

I have worked out 114 experiments and dividend them into eleven groups. Several experimental topics concern water, food, plant, polymer analyses. Some experiments have to do with agriculture, human health. In some experiments is used simple physical equipment and microscopes. I try not to use traditional branches as organic, anorganic chemistry, qualitative and quantitative analysis, but in some chapters I had to use it, because it is important for explanation some process or technology.

All parts of my thesis are written using obligatory scholár documents, speciál and pedagogical literature and mainly my own experience gained during many years teaching chemistry and biology at secondary grammar school.

I wish my thesis helped to move perceiving analytic chemistry and chemical experiment in secondary grammar schools by teachers as well as by students.

## 8 POUŽITÁ LITERATURA

- AGERBO, P., ANDERSEN, H., F.: *Vitaminy, minerály, pro zdravý život*. Praha: Grada 1997.
- ADAMKOVIČ, E., LIŠKA, O., ŠRAMKO T.: *Analytická chemie pro III.ročník gymnázií*. Praha: SNTL 1981.
- AMAN, W., a kol.: *Chemie pro střední školy 2a*. Praha: Scientia, Ped. nakl. 1998.
- ANDRESKA, J. a kol.: *Metodické pokyny k implementaci výchovy pro udržitelný rozvoj do školního vzdělávacího programu*. Praha: Ped fakulta UK 2006.
- BAER, H.-W.: *Biologické pokusy ve škole*. Praha: SPN 1965.
- BANÝR, J., BENEŠ, P., a kol.: *Chemie pro střední školy*. Praha: SPN 1995.
- BENEŠ, P. a kol.: *Chemicko-biologická praktika pro 8. ročník ZŠ*. Praha: SPN 1983.
- BENEŠ, P. a kol.: *Cvičení z chemie pro III. Ročník gymnázií*. Praha: SPN 1986.
- BENEŠ, P., BERKA, A., RŮŽIČKOVÁ, V.: *Titrace v nevodném prostředí jako školní pokus*. In: Biologie, chemie, zeměpis ve škole. Praha: SPN 1/1997, str. 24-26.
- BENEŠ, P., MACHÁČKOVÁ, J.: *200 chemických pokusů*. Praha: Mladá fronta 1977.
- BENEŠ, P., ŠPIČKA J.: *Pokusy pro chemické kroužky 9.ročníků – Anorganická chemie II. část*. Praha: ÚDPMJF 1974.
- BENEŠ, P., ŠPIČKA J.: *Pokusy pro chemické kroužky 9.ročníků – Obecná chemie III. část*. Praha: ÚDPMJF 1974.
- BERKA, A., BENEŠ, P.: *Současná analytika a výuka chemie (I)*. In: Biologie, chemie, zeměpis ve škole. Praha: SPN 5/1997, str.222-223.
- BERKA, A., FELTL, L., Němec, L.: *Příručka k praktiku z kvantitativní analytické chemie*. Praha: SPN 1976.
- BLÁHA, K. a kol.: *Anglicko – český chemický slovník*. Praha: SNTL 1988.
- BLÁHA, K. a kol.: *Česko – anglický chemický slovník*. Praha: SNTL 1989.
- BOHÁČ, I.: *Cvičení z biologie*. Praha: SPN 1986.
- BUDIŠ, J. a kol.: *Historie chemie slovem a obrazem*. Brno: Masarykova Univerzita, Ped. fakulta 1995.
- BUDIŠ, J., HAMINGER, M., HERMAN, T., MAREČKOVÁ, B.: *Stručný přehled historie chemie*. Brno: Masarykova Univerzita, Ped. fakulta 1996.
- BUCHAR, E., HALBYCH, J., BOROVIČKA.: *Praktická cvičení z organické chemie*. Praha: SPN 1964.
- CÍDLOVÁ, H., ŠIBOR, J., red.: *Příprava učitelů chemie na environmentální výchovu a výchovu k trvale udržitelnému rozvoji*. Sborník příspěvků z mezinárodní konference. Brno: Masarykova univerzita-Ped.fakulta 2007.
- COUFAL, P. a kol.: *Seminář z analytické chemie – teorie, příklady, cvičení*. Praha: Karolinum 2007.
- CVRČEK, K. a kol.: *Zbožiznalství 1. pro obchodní akademie a ostatní střední školy*. Praha: Fortuna 2005.
- CVRČEK, K. a kol.: *Zbožiznalství 2. pro obchodní akademie a ostatní střední školy*. Praha: Fortuna 2005.
- ČÁRSKY, J. a kol.: *Chemie pro 3. ročník gymnázií*. Praha: SPN 1986.
- ČERNÁ, B., GREGOR, R.: *Syntetické polymerní hmoty*. Brno: Masarykova Univerzita, Fakulta pedagogická 1990.
- ČIPERA, J.: *Chemie pro internátní střední školy pro pracující II.díl*. Praha: SPN 1978.
- ČIPERA, J.: *Rozpravy o didaktice chemie I*. Praha: Karolinum 2000.
- ČIPERA, J.: *Rozpravy o didaktice chemie II*. Praha: Karolinum 2001.
- ČÍZEK, F., a kol.: *Úvod do speciálních didaktik přírodovědných předmětů*. Praha: SPN 1978.
- ČTRNÁCTOVÁ, H., HALBYCH J., HUDEČEK J., ŠÍMOVÁ J.: *Chemické pokusy pro školu a*

- zájmovou činnost*. Praha: Prospektrum 2000.
- ČTRNÁCTOVÁ, H.: *Učební úlohy v chemii*. Praha: Karolinum 1998.
- ČTRNÁCTOVÁ, H.: *Učební úlohy v chemii I. díl*. Praha: Karolinum 2009.
- ČTRNÁCTOVÁ, H. a kol.: *Přírodovědné předměty v kontextu kurikulárních dokumentů a jejich hodnocení*. Praha: UK-PřF 2007.
- ČTRNÁCTOVÁ, H.: *Středoškolská chemie z pohledu didaktika*. In: Chemické listy. Praha: ČSCH 104/2010, str. 754-755.
- ČTRNÁCTOVÁ, H., HALBYCH, J.: *Didaktika a technika chemických pokusů*. Praha: Karolinum 2006.
- ČTRNÁCTOVÁ, H., VAŇKOVÁ, V.: *Procvičujeme a doplňujeme si chemii*. Praha: SPN 1992.
- ČTRNÁCTOVÁ, H., ZAJÍČEK, J.: *Současné školství a výuka chemie v České republice*. In: Chemické listy. Praha: ČSCH 104/2010, str. 811-818.
- DOLEJŠOVÁ, J., HEJTMÁNKOVÁ, A., PIVEC V.: *Cvičení z chemie I*. Praha: ČZU 2004.
- DOSTÁL, P.: *Elementární a látkové složení rostlinného těla v pokusech*. Praha: ÚDPMJF 1975.
- DUŠEK, B.: *Kapitoly z didaktiky chemie*. Praha: VŠCHT, katedra společenských věd 2000.
- DVOŘÁK, P.: *Cvičení z fyziologie rostlin*. Praha: UK 1991.
- EISNER, W., a kol.: *Chemie pro střední školy 1a*. Praha: Scientia, Ped. nakl. 1996.
- FABINI, J.: *Chemie pro internátní střední školy pro pracující I. díl*. Praha: SPN 1973.
- FABINI, J.: *Chemie pro internátní střední školy pro pracující III. díl*. Praha: SPN 1978.
- FOGL, J., VOLKA, K.: *Analytické tabulky*. Praha: VŠCHT 1995.
- FOGL, J. a kol.: *Návody pro laboratorní cvičení z analytické chemie I*. Praha: VŠCHT 1997.
- GAVORA, P.: *Úvod do pedagogického výzkumu*. Brno: Paido 2000.
- HAMSÍK, A., RICHTER, A., F.: *Lékařská chemie*. Praha: Zdravotnické nakladatelství 1951.
- HARTMAN, P., PŘIKRYL, I., ŠTĚDRONSKÝ, E.: *Hydrobiologie*. Praha: Informatorium 1968.
- HELDOVÁ, D., HELD, L.: *Diferenciácia vyučovania po slovensky*. Trnava: Typi Universitatis tyrnaviensis 2008.
- HELLBERG, J., SOLDÁN, M.: *Chemie pro II. ročník gymnázií*. Praha: SPN 1975.
- HOLADA, K.: *Malé praktikum volumetrie II. část*. Praha: ÚDPMJF 1970.
- HOLADA, K.: *Chemická analýza – otázky, metody, objekty*. In: Biologie, chemie, zeměpis ve škole. Praha: SPN 2/1998, str. 70-72.
- HOLADA, K.: *Specifické činnosti učitele chemie a jeho žáků na téma Udržitelný rozvoj v Praze*. Praha: Ped. fakulta UK 2007.
- HOLADA, K., BENEŠ, P., MACHÁČKOVÁ, J.: *Malé praktikum metod studia látek a chemických reakcí*. Praha: ÚDPMJF 1977.
- HONZA, J., MAREČEK, A.: *Chemie pro čtyřletá gymnázia. 2. díl*. Olomouc: Nakl. Olomouc 1998.
- HRSTKA, M.: *Laboratorní cvičení z chemie pro 1. ročník gymnázia*. Brno: MC nakl. 1998.
- HRSTKA, M.: *Laboratorní cvičení z chemie pro 2. ročník gymnázia*. Brno: MC nakl. 1998.
- HRSTKA, M.: *Laboratorní cvičení z chemie pro 3. ročník gymnázia*. Brno: MC nakl. 1998.
- CHOVANOVÁ, M.: *Analytická chemie pro 2. ročník středních zdravotnických škol obor Zdravotní laborant*. Praha: Scientia Medica 1996.
- CHRÁSKA, M.: *Didaktické testy*. Brno: Paido 1999.

- CHRÁSKA, M., red.: *K metodologii pedagogického výzkumu*. Olomouc: Česká asociace ped. výzkumu Ped.Fakulta UP 2001.
- IRESON, J., HALLAM, S.: *Ability Grouping in Education*. London: Paul Chapman Publishing 2001.
- JANECZKOVÁ, A., FIALOVÁ, A., ŠIMA, M.: *Chemická laboratorní cvičení II*. Ostrava: Pavel Klouda 2004.
- JANKŮ, Z.: *Stanovení hořčíku a vápníku v minerálních vodách a léčivech*. In: Biologie, chemie, zeměpis ve škole. Praha: SPN 5/1997, str. 224-227.
- JANOUŠKOVÁ, S., BENEŠ, P., PUMPR, V.: *Environmentální a mediální výchova ve výuce chemie*. In: Biologie, chemie, zeměpis ve škole. Praha: SPN 3/2006, str. 129-134.
- JAROŠ, M., RONEŠ J.: *Jak dělat chemické pokusy*. Praha: Mladá Fronta 1959.
- JOKL, V., KARLÍČEK R., SVOBODOVÁ D.: *Analytická chemie pro farmaceuty I*. Praha: SPN 1980.
- KACÁLKOVÁ, L., TŮMA, J.: *Jednoduché metody analýzy vod a jejich didaktické využití*. In: Biologie, chemie, zeměpis ve škole. Praha: SPN 3/2010, str. 133-136.
- KAČINOVÁ, V.: *Hodnotenie učebných výsledkov Žižkov v rakúskom systéme výchovy a vzdelávania*. Pedagogické spektrum, roč. XIII, 3/4, 2004, str. 20-34.
- KALHOUS, Z., OBST, O. a kol.: *Školní didaktika*. Praha: Portál 2002.
- KALIČINSKÁ, J.: *Chemická laboratorní cvičení I*. Ostrava: Pavel Klouda 2005.
- KALIČINSKÁ, J.: *Monitorování životního prostředí*. Ostrava: Pavel Klouda 2006.
- KARLÍČEK, R. a kol.: *Návody do cvičení z kvalitativní anorganické a organické analýzy*. Praha: Karolinum 2003.
- KASÍKOVÁ, H.: *Kooperativní učení, kooperativní škola*. Praha: Portál 1997.
- KLEČKOVÁ, M., LOS, P.: *Seminář a praktikum z chemie*. Praha: SPN 2003.
- KLEČKOVÁ, M., ŠINDELÁŘ Z.: *Školní pokusy z anorg a org chemie*. Olomouc: PřF UP 1993.
- KLEČKOVÁ, M., ŠINDELÁŘ, Z.: *Školní pokusy z anorg. a org. chemie*. Olomouc: PřF UP 2007.
- KLOUDA, P.: *Moderní analytické metody*. Ostrava: Nakl.Pavel Klouda 2003.
- KLOUDA, K.: *Chemie a udržitelný rozvoj – nebezpečné chemické látky pro projekt JPD3 „Ekogramotnost do škol“*. Praha: 2006.
- KOCÁLKOVÁ, L., TŮMA, J.: *Jednoduché metody analýzy vod a jejich didaktické využití*. In: Biologie, chemie, zeměpis ve škole. Praha: SPN 3/2010, str. 133-136.
- KOCOUREK, J., LEBLOVÁ, S., ŠÍPAL, Z.: Praha: *Biochemické praktikum*. SPN 1963.
- Kolektiv autorů<sup>1)</sup>: *Manuál pro tvorbu školních vzdělávacích programů na gymnáziích*. Praha: VÚP 2007.
- Kolektiv autorů<sup>2)</sup>: *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. Praha: VÚP 2007.
- Kolektiv autorů<sup>3)</sup>: *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Praha: VÚP 2007.
- Kolektiv autorů<sup>4)</sup>: *Rámcový vzdělávací program pro střední odborné vzdělávání*. Praha: VÚP 2007.
- Kolektiv autorů: *Klíčové kompetence na gymnáziu*. Praha: VÚP 2008.
- Kolektiv autorů: *Projektové vyučování v chemii – sborník 7. studentské konference*. Praha: Ped. fakulta UK 2009.
- KOLSKÝ, V.: *Některé chemické a fyzikálně chemické metody v jednoduchém uspořádání*. Praha: ÚDPMJF 1970.
- KOSINA, L., ŠRÁMEK, V.: *Chemické výpočty a reakce*. Praha: Albra 1996.
- KOTÁSEK, J. a kol.: *Národní program vzdělávání v České republice (Bílá kniha)*. MŠMT, Praha 2001.

- KOTLÍK, B., RŮŽIČKOVÁ, K.: *Chemie v kostce I*. Havlíčkův Brod: Fragment 1996.
- KOTLÍK, B., RŮŽIČKOVÁ, K.: *Chemie v kostce II*. Havlíčkův Brod: Fragment 1997.
- KOTOČOVÁ, A. a kol.: *Sborník úloh XVIII. ročníku chemické olympiády 1981 – 82*. Praha: ÚDPMJF 1983.
- KOZÁKOVÁ, M., a kol.: *Laboratorní technika*. Praha: SPN 1975.
- KUČEROVÁ, J.: *Chemické kontrolní metody*. Praha: SNTL 1988.
- KVASNIČKOVÁ, D.: *Základy ekologie*. Praha: Fortuna 1977.
- KVASNIČKOVÁ, D., KALINA, V.: *Informace o životním prostředí a udržitelném rozvoji pro projekt JPD3 „Ekogramotnost do škol“*. Praha: 2006.
- KVASNIČKOVÁ, D., KALINA, V.: *Základy ekologie – Průřezové téma*. Praha: KEV 2007.
- LÁNSKÁ, D., ZEMINA, M.: *Ovoce na sto chutí*. Velké Bílovice: TeMiCz 2009.
- LESNÁ, B. a kol.: *Řešení otázek a úkolů z učiva chemie ve 2. a 3. ročníku gymnázií*. Praha: PÚ 1981.
- LINHART, P. a kol.: *Ochrana člověka za mimořádných situací*. Praha: TECH-MARKET 1999.
- LUMSDEN, C.: *Modern Analytical Chemistry*. Oxford: BAC, 2002.
- MACHÁČKOVÁ, J., NOVOTNÁ M.: *Chemická olympiáda v Praze 1966 – 1967 – sborník úkolů*. Praha: ÚDPMJF 1968.
- MARÁDOVÁ, E.: *Úlohy k Environmentální výchově ve výuce výchovy ke zdraví v základním vzdělávání*. Praha: Ped. Fakulta UK 2007.
- MAREČEK, A., HONZA, J.: *Chemie pro čtyřletá gymnázia, 1. díl*. Olomouc: Nakl. Olomouc 1998.
- MAREČEK, A., HONZA, J.: *Chemie pro čtyřletá gymnázia, 3. díl*. Olomouc: Nakl. Olomouc 2000.
- MARVÁNOVÁ, H., ČTRNÁCTOVÁ, H., VASILESKÁ, M.: *Nebezpečné látky ve školní laboratoři*. Praha: Universita Karlova 2007.
- MEDUNOVÁ, J., ŠUSTKOVÁ, J.: *Praktická cvičení z chemie*. Praha: SPN 1967.
- MOKREJŠOVÁ, O.: *Praktická a laboratorní výuka chemie na základních a středních školách*. Praha: Triton 2005.
- MOLDAN, B., ZÝKA, J., JENÍK, J.: *Životní prostředí očima přírodovědce (Ochrana s tvorbou životního prostředí)*. Praha: Ped.ústav 1977.
- MOLDAN, B., ZÝKA, J.: *Životní prostředí očima přírodovědce. Aktuality I*. Praha: Ped. ústav 1979.
- MORAVCOVÁ, H.: *Analytická chemie – klasické metody I*. Ostrava: Pavel Klouda 1999.
- MUSILOVÁ, E.: *Návody praktických cvičení z anorganické chemie*. Brno: Masarykova Universita 1993.
- NEČESANÁ, T., ČÍŽKOVÁ, V.: *Soubor úloh z ekologie a ochrany životního prostředí pro gymnázia*. Praha: UK-PřFUK 2007.
- NĚMCOVÁ, I., ČERMÁKOVÁ, L., RYCHLOVSKÝ, P.: *Spektrometrické analytické metody I*. Praha: Karolinum 2004.
- OPEKAR, F., JELÍNEK, I., RYCHLOVSKÝ, P., PLZÁK, Z.: *Základní analytická chemie*. Praha: Karolinum 2003.
- PACÁK, J.: *Vybrané kapitoly z organické chemie*. Praha: PÚ 1982.
- PACÁK, J. a kol.: *Chemie pro II. ročník gymnázií*. Praha: SPN 1985.
- PACHMAN, E., BANÝR, J., BENEŠ, P., DOSTÁL, P., HOLADA, K.: *Chemicko – biologická praktika pro 7. ročník ZŠ*. Praha: SPN 1987.
- PEČIVOVÁ, M., ŠKODA, J., MIKULÁŠEK, L.: *Chemická olympiáda 37. ročník*. Praha: Institut dětí a mládeže MŠMT 2000.
- PLACHEJDOVÁ, E., HRICSINOVÁ, M., PLACHEJDOVÁ, P.: *Ekologické aspekty ve zdravotnickém vzdělávání*. Praha: KEV 2007.

- POSPÍŠIL, J.: *Praktická cvičení z biochemie*. Praha: SPN 1980.
- PROŠKA, M., HELD, L. a kol.: *Metodológia pedagogického výzkumu a jeho aplikácia v didaktikách prírodných vied*. Bratislava: Univerzita Komenského 2008.
- PRŮCHA, J.: *Proměny vzdělávání v mezinárodním kontextu*. Praha: Karolínium 1992.
- PRŮCHA, J., Walterová, E., Mareš, J.: *Pedagogický slovník*. Praha: Portál 2001.
- PUMPR, V. a kol.: *Environmentální výchova ve výuce chemie v základním vzdělávání*. Praha: Ped. fak. UK 2005.
- PUMPR, V., BENEŠ, P., HERINK, J.: *K projektovému vyučování v chemii a zeměpisu na ZŠ*. Praha: VÚP 2002.
- PUMPR, V., BENEŠ, P., FRÝZKOVÁ, M., JANOUŠKOVÁ, S.: *Environmentální výchova ve výuce chemie v základním vzdělávání*. Praha: Ped.fakulta UK 2005.
- RILEY, P.: *Checkpoint Chemistry*. London: Hodder Education 2005.
- ROZSYPALOVÁ, M., ČECHOVÁ, V., MELLANOVÁ, A.: *Psychologie a pedagogika*. Praha: Informatorium 2003.
- SIMON, V.: *Přednášky z Analytické chemie kvantitativní I. část*. Praha: SPN 1976.
- SIMON, V., DOLEŽAL, J.: *Chemická analýza kvalitativní*. Praha: SPN 1978.
- SINGULE, F.: *Současné pedagogické směry a jejich psychologické souvislosti*. Praha: SPN 1992.
- SKALKOVÁ, J.: *Obecná didaktika*. Praha: Grada 2007.
- SLAVÍK, J.: *Hodnocení v současné škole*. Praha: Portál 1999.
- SMEYKAL, V.: *Chemie analytická I*. Praha: Nakl. práce 1950.
- SOLÁROVÁ, M.: *Význam chemického pokusu ve výuce*. In: *Biologie, chemie, zeměpis ve škole*. Praha: SPN 2/1995, str. 71-72.
- SOLÁROVÁ, M., LICHTENBERG, K.: *Vybrané kapitoly z historie chemie*. Brno: Paido 2000.
- STRATILOVÁ - URVÁLKOVÁ, E., ŠMEJKAL, P., TREJBALOVÁ, I.: *Vybrané instrumentální metody ve výuce chemie na SŠ*. Praha: Přírodovědecká fakulta UK 2008.
- STRNADOVÁ, N.: *K pojmu „tvrdost vody“*. In: *Biologie, chemie, zeměpis ve škole*. Praha: SPN 2/2007, str. 77-80.
- SVOBODOVÁ, D.: *Analytická chemie pro farmaceuty II*. Praha: SPN 1979.
- SUCHARDA, I.: *Praktikum vybraných ekologických metod*. Praha: Karolínium 2007.
- ŠEVČÍK, J., MILEC, J.: *Základy analytické chemie*. Praha: SPN 1972.
- ŠEVČÍK, J.K.G.: *Metodologie měření v analytické chemii*. Praha: Karolínium 1999.
- ŠIMEK, J.: *Chromatografické metody*. Praha: NTL 1955.
- ŠMÍDOVÁ, M.: *Praktikum z fyziologie rostlin II*. Praha: SPN 1973.
- ŠOJDR, J., WEGIEL, J.: *Laboratorní cvičení z organické chemie*. Praha: SNTL 1965.
- ŠRÁMEK, V., KOSINA, L.: *Analytická chemie*. Olomouc: Fin 1996.
- ŠTULÍK, K. a kol.: *Analytické separační metody*. Praha: Karolínium 2004.
- ŠULCOVÁ, R., BÖHMOVÁ, H.: *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*. Praha: UK PŘF 2007.
- ŠULCOVÁ, R., a kol.: *Aktivizace v chemickém vzdělávání*. Praha: UK PŘF 2007.
- ŠULCOVÁ, R., PISOVÁ, D., MALACHOVÁ, M., CHALUPOVÁ, M.: *Školní projekty na gymnáziu na téma Ekologie a plasty a Chemie kolem nás*. Praha: PŘF UK 2007.
- ŠULCOVÁ, R., PISOVÁ, D.: *Přírodovědné projekty pro gymnázia a střední školy*. Praha: Přírodovědecká fakulta UK 2008.
- ŠVECOVÁ, M.: *Rozbor klíčových kompetencí výchovy k udržitelnému rozvoji pro projekt JPD3 „Ekogramotnost do škol“*. Praha: 2006.
- Vládní usnesení č. 535/2007: *Dlouhodobý záměr vzdělávání a rozvoje vzdělávací soustavy ČR*.



- Vzdělávání a odborná příprava 2010: klíčová sdělení rady a komise Evropské radě. Překlad MŠMT 2004.
- TŮMA, J., PETRLÍKOVÁ, E.: *Dusičnany v zelenině*. In: Biologie, chemie, zeměpis ve škole. Praha: SPN 5/2006, str. 243-244.
- TŮMA, J., PETRLÍKOVÁ, E.: *Dusičnany v zelenině*. In: Biologie, chemie, zeměpis ve škole. Praha: SPN 1/2007, str. 19-21.
- VACÍK, J. a kol.: *Chemie pro I. ročník gymnázií*. Praha: SPN 1984.
- VACÍK, J. a kol.: *Přehled středoškolské chemie*. Praha: SPN 1995.
- VACÍK, J. a kol.: *Chemie /obecná a anorganická/ 1. pro gymnázia*. Praha: SPN 1995.
- VALENTA, J. a kol.: *Pohledy, projektová metoda ve škole a za školou*. Praha: Arama 1993.
- VALIŠOVÁ, A., KASÍKOVÁ, H. a kol.: *Pedagogika pro učitele*. Praha: Grada 2007.
- VÁŇOVÁ, M.: *Diferenciace vzdělání a tendence jejich realizace ve školních systémech vybraných zemí*. In: Průcha, J. (ed.): *Proměny vzdělávání v mezinárodním kontextu*. Praha: Karolínium 1992.
- VÁŇOVÁ, M. a kol.: *Vzdělávací systémy ve vyspělých evropských zemích*. Praha: UK 1994.
- VESELÝ, M., ŠÍROVÁ, O.: *Analytická chemie kvantitativní*. Praha: SNTL 1965.
- VOHLÍDAL, J., JULÁK, A., ŠTULÍK, K.: *Chemické analytické tabulky*. Praha: Grada 1999.
- VRBSKÝ, J.: *Cvičení z analytické chemie pro gymnázia 1. sešit*. Praha: SPN 1992.
- VULTERIN, J. a kol.: *Chemie a životní prostředí*. Praha: SPN 1992.
- WURM, V., ŠLAMPKA, J.: *Důkazy vápníku a fosforu v některých přírodních materiálech*. Praha: ÚDPMJF 1966.
- ZAHRADNÍČEK, M.: *Úvod do kontroly chemických léčiv*. Praha: SPN 1973.
- ZAHRADNÍČEK, M.: *Analýza chemických léčiv*. Praha: SPN 1978.
- ZAHRADNÍČEK, M.: *Úvod do kontroly chemických léčiv. Výklad reakcí při určování totožnosti neznámého léčiva*. Bratislava: UK Komenského 1980.
- ZACHARIÁŠOVÁ, M.: *Pokusy z lékárny*. In: Biologie, chemie, zeměpis ve škole. Praha: SPN 1/2011, str. 34-35.
- ZACHARIÁŠOVÁ, M., Holada, K.: *Pokusy z lékárny*. In: Biologie, chemie, zeměpis ve škole. Praha: SPN 2/2011, str. 82-83.
- Zákon č. 561/2004 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání.
- Zákon č. 49/2009 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání.
- ZIMOVÁ, M.: *Vliv životního prostředí a životního stylu na zdraví člověka*. Praha: SZÚ 2006.

# PŘÍLOHY

seznam příloh na vloženém CD

1. Projekt Voda

2 Protokoly k laboratorním úlohám pro žáky

3. Rozpracované úlohy pro laboratorní práce z analytické chemie a metodická doporučení pro učitele