

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI**

**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

**Katedra analytické chemie**

**Tvorba úloh do cvičení z chemie pro žáky nižších  
ročníků středních škol s tematikou chemie potravin**

Autor práce: Ludmila Lněničková

Studijní obor: Chemie se zaměřením na vzdělávání - matematika

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Vítězslav Maier, Ph.D.

Olomouc 2012

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně pod vedením doc. RNDr. Vítězslava Maiera, Ph. D. a s použitím uvedené literatury.

Souhlasím s tím, že práce je prezenčně zpřístupněna v knihovně Katedry analytické chemie, Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

V Olomouci dne 16. 4. 2012

.....

Děkuji všem, kteří mě podporovali při psaní bakalářské práce. Zejména však doc. RNDr. Vítězslavu Maierovi, Ph. D. za odborné vedení bakalářské práce, za obětavou spolupráci, trpělivost, cenné připomínky, poskytnuté rady a za čas, který mi věnoval při konzultacích. Veliké poděkování patří celé mé rodině.

## Shrnutí

Bakalářská práce se zaměřuje na řešení problému, jak zpestřit výuku chemie, která je pro žáky nepochopitelná, náročná a nudná. Je potřeba přitáhnout žáky k přírodním vědám, pomoci žákům, lépe je chápat, namotivovat je pro studium přírodních věd. Proto jsem se zde snažila pro žáky i pro učitele zajímavou a netradiční formou zpracovat pokusy ze základů analytické chemie, a to s potravinami, se kterými přijdou denně do kontaktu.

Práce je rozdělena na tři oddíly. V teoretické části je popsána teorie výuky, její metody, ale také taxonomie výukových cílů podle Blooma. Ve druhém oddílu, který je věnován učitelům chemie, je popsána taxonomie výukových cílů podle Tollingerové, a podle této taxonomie jsou pak vytvořeny otázky a úkoly k jednotlivým cvičením. Dále jsou zde návody ke cvičením pro učitele, přibližná doba trvání, užitečné typy nebo výpočty pro míchání roztoků potřebných ke cvičením.

V poslední části, která je věnována dětem, se zabývám zábavným a názorným vysvětlením úkolů, metod a jejich principů. Úvodní motivaci tvoří příběh ducha Chemči, bývalého učitele chemie, který si musel odpykat trest a dokázat alespoň jednomu dítěti, že chemie není nuda. Zanechal po sobě knihu Kuchařka zvědavého chemika, která je právě obsahem třetí části bakalářské práce.

## Summary

The bachelor thesis deals with the issue how to liven up chemistry classes, which are often incomprehensible, demanding and boring for students. There is a need to attract students by natural sciences, help students understand them and be motivated to study them. Therefore I tried to elaborate experiments from basics of analytic chemistry for students and teachers in an interesting and untraditional way. I chose experiments with those groceries which they encounter every day.

The bachelor thesis is divided into three parts. In the theoretical part there is a theory of classes, their methods and Bloom's taxonomy of teaching aims. In the second part devoted to chemistry teachers there is Tollinger's taxonomy of teaching aims and there are questions and tasks to exercises based on this taxonomy. There are also instructions to exercises for teachers, approximate time, useful tips or calculations for mixing solutions needed for the exercises.

In the third part, which is devoted to children, I deal with entertaining and visual explanation of tasks, methods and their principles. There is an introductory motivation with a story of a Chemistry Ghost "Chemča", former teacher of chemistry, who had to do his term by proving to at least one child that chemistry is not boring. He bequeathed the Cookbook of a Curious Chemist, which is included in the third part of the bachelor thesis.

# Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1</b>	<b>POJEM VÝUKA.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2</b>	<b>METODY VÝUKY.....</b>	<b>9</b>
2.2.1	SUBSYSTÉM METODY INFORMAČNĚ RECEPTIVNÍ .....	10
2.2.2	SUBSYSTÉM METODY PROBLÉMOVÉ.....	10
2.2.3	SUBSYSTÉM METODY VÝZKUMNÉ .....	13
<b>2.3</b>	<b>VÝUKOVÉ CÍLE A JEJICH TAXONOMIE .....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>JAK VÉST ORGANIZACI JEDNOTLIVÝCH CVIČENÍ.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2</b>	<b>VYPRACOVANÁ LABORATORNÍ CVIČENÍ PRO UČITELE.....</b>	<b>19</b>
3.2.1	PAPÍROVÁ CHROMATOGRRAFIE .....	19
3.2.2	NEUTRALIZAČNÍ TITRACE – ALKALIMETRIE.....	22
3.2.3	KOMPLEXOMETRICKÁ TITRACE - CHELATOMETRIE.....	25
3.2.4	REDOXNÍ TITRACE - JODOMETRIE .....	27
3.2.5	DŮKAZ ŠKROBU SPECIFICKOU REAKCÍ S JODEM .....	29
<b>3.3</b>	<b>ZPRACOVÁNÍ LABORATORNÍCH ÚKOLŮ PRO ŽÁKY .....</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>63</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURA.....</b>	<b>64</b>
<b>7</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>65</b>
<b>7.1</b>	<b>PÍSEMKY NA ZAČÁTKU HODINY A JEJICH ŘEŠENÍ .....</b>	<b>65</b>
<b>7.2</b>	<b>ŘEŠENÍ KE KŘÍŽOVKÁM.....</b>	<b>68</b>

# 1. Úvod

Bakalářská práce je věnována výuce základům analytické chemie na nižších stupních víceletých gymnázií a středních školách. V dnešní době je chemie na školách žákům na obtíž, nechápou ji, nebaví je učit se něco z paměti a nedokáží si to spojit s každodenním životem. Často říkají, že jim chemie v životě na nic není. Ale to je omyl, stačí se podívat okolo sebe. Chemie je všude, bez této vědy by se nám špatně žilo.

Chemie je totiž učiteli podávána většinou teoreticky, odtržená od praxe a na nejzábavnější části chemie, jako třeba na analytickou chemii, se většinou nedostane vůbec. Do laboratoří se žáci dostávají málo, nezkouší pokusy sami. Učitelé se většinou bojí je tam vzít, nebo nevědí, jaké pokusy s žáky dělat.

V této práci se budu zabývat právě touto situací, budu se snažit nalézt vhodné řešení, nabídnout učitelům nový pohled a nápad, jak připravit hodiny chemie zábavnější a pro žáky přijatelnější. Cílem je, aby žáci pochopili, že chemie je důležitá, zábavná a záhadná věda, o kterou stojí za to se zajímat.

Cílem této bakalářské práce je představit učitelům chemie ucelený materiál se zajímavě podanými základními metodami analytické chemie ve formě pokusů s potravinami, se kterými přicházíme do styku každý den, aby se pro žáky stala chemie aktuální a zajímavou. Mezi další a neméně důležité cíle patří motivovat žáky pro přemýšlení o dějích v přírodě, o předmětech, se kterými se běžně setkáváme, pro další zájem a pro studium chemie a dalších přírodních věd.

## 2. Teoretická část

### 2.1. Pojem výuka

Výuka je chápána jako aktivní proces, kdy učitel vede vyučování a žák se učí. *Učitel svou vyučovací činností podněcuje, v souladu s výukovými cíli, odpovídající učební aktivity žáků. Učením si žáci pod vedením učitele osvojují vědomosti, dovednosti, návyky, ale např. i postoje a rozvíjení své schopnosti* [1]. Obsah výuky, její cíle i metody se mění a závisí na společenském vývoji, na potřebách společnosti a na jejích možnostech. Výuka neboli edukace je také procesem předávání kultury, hodnot a tradic lidstva dalším generacím a skládá se ze dvou základních složek: výchova a vzdělávání, které jsou od sebe neoddělitelné.

*Edukační proces představuje složitý otevřený systém, jímž se rozumí uspořádaná organizace vzájemně závislých a ovlivňujících se prvků, spojených s vnějším prostředím zpětnou vazbou* [1]. Vzdělávací proces je založen na navozování změn v myšlení, v dovednostech, ve vztazích a psychických procesech. Cílem těchto změn je dosáhnout požadovaných vědomostí, aktivit, postojů...

Výuka může být pojatá mnoha způsoby. V čele stojí čtyři modely pojetí výuky, které souvisejí i s historickým vývojem společnosti:

- **Model pedeutologický** staví do centra učitele chápaného jako hlavní objekt. Učitel využívá všech dostupných materiálů a pomůcek, aby žákovi objasnil a demonstroval teoretické poznatky a skutečnosti, které mají v žakově myšlení přecházet v síť osvojených pojmů.
- **Model pedocentrický** vychází z teorie, podle které stojí v centru procesu výchovy a vzdělávání sám žák, jeho aktivity, zájmy, schopnosti, cíle. Učitel žáka na této cestě doprovází, pomáhá mu dosáhnout stanovených cílů. Každý žák postupuje v procesu vzdělávání podle svých schopností. Nevýhodou tohoto modelu však je snižující se rozsah osvojovaných poznatků.
- **Model komunikativní** je modelem, je založen na oboustranné pedagogické komunikaci mezi učitelem a žákem, při které se předpokládá aktivita učícího se jedince, který zároveň není ponechán sám, ale učitel usměrňuje a koriguje učební náplň.

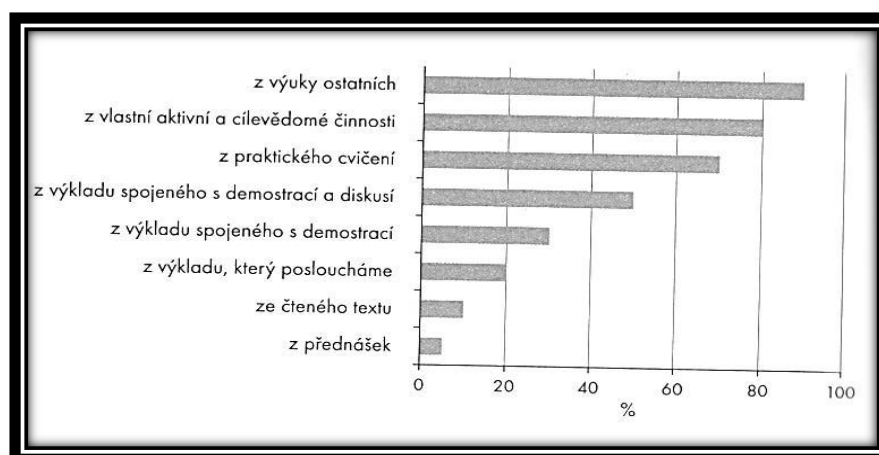


- **Model humanisticko- kreativní** je vhodnou nástavbou komunikativního modelu, protože jeho hlavním cílem je celkový rozvoj člověka. Znamená to, že se nesoustřeďuje pouze na osvojování dovedností a vědomostí, ale zabývá se všemi stránkami žákovy osobnosti, sleduje jeho kognitivní, emotivní i psychomotorické oblasti, které jsou vzájemně podmíněny a velmi úzce spolu souvisí. Výuka je založena na samostatnosti a odpovědnosti žáků, na využití zdrojů učení i mimo učebnu a učebnice a na překonání izolace mezi žákem a učitelem, což umožnilo efektivní vzájemnou komunikaci [2].

## 2.2. Metody výuky

Metoda výuky je způsob výběru a použití různých výukových prostředků, materiálů, pomůcek a způsob práce s nimi. Zprostředkovává dosažení edukačních cílů, ovlivňuje a podmiňuje efektivnost výuky. Při volbě metody je důležité zabývat se vztahem zvolené metody k obsahu výuky a k cílům, kterých chceme dosáhnout.

Nejlépeších výsledků dosáhneme vzájemným propojením více výukových metod, které učitel vybírá v závislosti na celé řadě faktorů, jako jsou například cíle a úkoly výuky, možnosti a kreativita učitele, povaha a schopnosti žáka, styl učení žáka, množství vyučovaných žáků. Důležité je, aby byl žák při výuce co možná nejvíce aktivní, aby ho učení bavilo, zajímalo a těšilo. I učitel má daná metoda přinášet pocit spokojenosti a úspěchu. I ta nejlepší metoda se však ve špatném podání učitelem může změnit v mučící nástroj. Podstatou kvalitní výuky je tvořivost učitele [1, 3, 4, 5]. Následující graf na obrázku 1 ukazuje efektivitu různých forem vyučování.



**Obrázek 1: Graf efektivity různých metod výuky [8]**

### **2.2.1. Subsystem metody informačně receptivní**

Tato metoda je charakteristická tím, že žákům jsou předávány vybrané hotové didaktické informace a úkolem žáků je uvědomělé vnímání a zapamatování si poznatků. Procentuální rozdělení práce mezi učitelem a žákem je tedy 10 % pro žáka a 90 % pro učitele. Učitel nemusí být nutně tím, kdo zprostředkovává předání informací, jeho roli může nahradit kniha, film, dokument... Pro žáka tedy z výše uvedeného vyplývá činnost pozorně poslouchat, pozorovat, pochopit a zapamatovat si předávané informace. Žák je tedy do jisté míry pasivní [6, 7, 9].

Prostředky, které metoda využívá, mohou být slovní, názorné nebo praktické, a formy projevu jsou především mluvený projev, demonstrace a pozorování. Výhodou je, že žák poznává velké procento informací, dozvídá se nové poznatky, na základě nichž je schopen sám tvořit a řešit problémové úkoly nebo provádět samostatnou experimentální činnost. Nevýhodou této metody je, že žáci poznávají daný problém jen povrchně a jak jim ho učitel představí. Řeší danou úlohu podle předem ukázaného modelu řešení nebo provádí vědecký experiment podle přesného postupu práce. Nerozvíjí tedy své tvořivé myšlení.

Způsobů, jakými lze tuto metodu realizovat je mnoho, nejznámějšími jsou například přednáška, výklad, rozhovor mezi učitelem a žákem, instruktáž, demonstrační výklad [5] (např. výklad barevných vlastností kationtů s následnou praktickou ukázkou, ukáзка snížení bodu varu vody při snížení tlaku), řešení neproblémových úloh (např. řešení kvadratických rovnic pomocí diskriminantu, důkaz vápenatých aniontů ve vodě pomocí předem daného přesného návodu).

### **2.2.2. Subsystem metody problémové**

Tato metoda je v našich školách ještě stále dost opomíjená, protože zabere více času než klasická informačně receptivní metoda. Je však velice vhodná pro studium přírodních věd a matematiky, proto jí zde věnuji větší část. Aktivita je rozdělena mezi učitele a žáka rovnoměrně. Úkolem učitele je vytyčit daný problém, vysvětlit poznatky potřebné k řešení problému, podporování žáků, korigování jejich činnosti. Velmi důležitý je první krok činnosti žáka a to, aby žák vůbec daný problém pochopil. Žáci se snaží společně s učitelem najít vhodný způsob řešení, formulují hypotézy, nalézají poslopnosti, tvoří logické závěry. Při této metodě převažuje nezáměrně zapamatované učivo, které je ale plně pochopeno, a zapamatování žákem je tak mnohem efektivnější než u učiva, které se učí z paměti [6].

Obrovskou výhodou této metody je rozvíjení kreativního myšlení žáka, žák si musí klást otázky, k této formě vyučování musí přistupovat aktivně. Proto je proces učení mnohem efektivnější. Nevýhodou je časová náročnost jak na přípravu učitele, tak na činnost žáka při vyučování. Je důležité, aby se žáci učili o problémech přemýšlet, ne jen přejímat předem dané řešení a učit se z paměti postupy, které se stále opakují. Proto je potřeba tuto metodu nezanedbávat a alespoň občas ji zařadit do výuky, což ji také udělá zajímavější. Důležité je, aby učitel uměl žáka správně k vyřešení problému vést [5, 7].

Hlavním pojmem této metody je problém, který musí splňovat určitá kritéria. Problém musí být v logické návaznosti s dosavadními poznatky žáků a musí být přizpůsoben jejich možnostem. Daný problém musí obsahovat nějakou neznámou nebo překážku, kvůli níž ho řešíme. Důležité je, aby vyvolával chuť problém řešit. Správně vytyčený problém se nemá shodovat s úkolem na procvičení probírané látky [10]. Rozlišujeme pět fází řešení problému:

- **Identifikace problému, nalezení, vymezení** je obtížná, ale důležitá část. Úkolem učitele je na problém upozornit, představit ho, formulovat. Je důležité, aby učitel vybral správný problém s ohledem na výukové cíle, kterých chce dosáhnout.
- **Analýza problémové situace, proniknutí do struktury problému** je důležitá část řešení problému, která pomáhá problém jasně pochopit. Jde o nalezení souboru informací, které jsou k danému problému známé. Dobrým nápadem je sepsání (např. na tabuli s pomocí žáků) faktů, které jsou známé, a těch, které k řešení chybí.
- **Vytváření hypotéz a návrhů řešení** znamená hledání cesty k proniknutí do problému. Cílem je přeskupování a spojování informací tak, aby mohla vzniknout reálná představa o řešení problému.
- **Vlastní řešení problému** je proces, který hledání řešení završuje. Nastává ověřování hypotéz, které byly vysloveny v minulém kroku. Výsledkem je jejich přijetí nebo zamítnutí, nebo zjištění, že je ještě něco potřeba doplnit. Pro výuku je důležité, že neúspěch proces hledání neukončuje, není projevem žákovy neschopnosti. Neúspěch je zde brán jako výzva k novým pokusům.
- **Návrat k dřívějším fázím při neúspěchu řešení** je krokem, který je často nezbytný, protože jen málokdy se stane, že hned napoprvé dojdeme ke správnému cíli. Neúspěch může mít různé příčiny, jako například nepřipravenost žáků, nepochopení problému nebo nepřesné definování problému [3].

### **Způsoby realizace problémové metody:**

Problémový výklad – nové učivo vysvětluje učitel sám, ale současně přitom navozuje problémové situace, zadává problémové otázky, formuluje odpovědi za spoluúčasti žáků, vede žáka myšlenkovým procesem, který směřuje k osvojení učiva. Tento výklad obsahuje fáze řešení problému a dále také fázi zevšeobecnění situace a vyvození obecných závěrů.

Demonstračně problémový výklad – učitel doprovází svůj problémový výklad experimentem, kterým demonstruje danou látku, předvádí daný objekt výuky. Žáci s pomocí učitele vytvářejí závěry vyplývající z výsledků experimentu.

Řešení problémových úloh - učitel formuluje problémové úlohy obsahující výše specifikované problémy a žáci objevují nový poznatek sami. Problémovým úlohám bude věnována další část v rámci taxonomie výukových cílů.

Didaktické hry – zahrnují velké množství různorodých aktivit, které mají být pro žáky potěšením a zároveň pomoci k získání nových zkušeností a poznatků. Navíc soutěživé hry aktivují soustředěnost a myšlení žáků.

Řízená diskuse – učitel sám klade většinu dopředu připravených otázek a žádoucí závěry si také připraví dopředu. Předmětem diskuse je didaktický problém, učitel se ptá na názory žáků. Je důležité dobře začít, zmínit dobrý úvod do diskuse, celou diskusi vést, na konci ji shrnout. Je potřebné se zaměřit na pohodu ve skupině, uvolněnosti, na zabránění odklonu od tématu, dávat prostor všem.

Simulace – učitel simuluje určitou situaci, kterou se žáci snaží řešit. Pro žáky znamená možnost osvojit si způsoby chování v daných situacích. Je však velmi náročná na přípravu pro učitele [4, 5].

### **Příklad problémové situace ve výuce chemie:**

Obsahem přírodovědného vzdělávání v rámcově vzdělávacím programu pro střední odborné vzdělávání je téma chalkogeny, které zahrnuje i kyslík a síru. Z předem získaných poznatků, kterými jsou vodíkové vazby, elektronegativita a její hodnoty pro kyslík a síru, struktura sulfanu a vody, mají žáci vyřešit problém, proč mají sulfan a voda tak odlišné vlastnosti.

Řešení: Žáci by měli dojít společně s učitelem k řešení, že síra nemá takovou hodnotu elektronegativity, aby tvořila vodíkové můstky, na rozdíl od kyslíku, který tuto slabou nevazebnou interakci vytváří. To má za následek tak rozdílné vlastnosti, jako například skupenství a bod varu.

### 2.2.3. Substém metody výzkumné

Výzkumná metoda je metodou, kdy je aktivita mezi učitele a žáka rozdělena na 10 % a 90 %. Úkolem učitele je připravit daný soubor úloh, zadat literaturu pro samostudium, stanovit podmínky. Další práce je už v rukou žáka, který si vyhledává informace, snaží se o jejich zpracování, plánuje etapy, realizuje plán, který mu učitel zadal, získává a zpracovává výsledky experimentální činnosti. Během činnosti žáka už jen učitel kontroluje plnění daného plánu a kontroluje a ověřuje výsledky.

Tato metoda vyžaduje největší samostatnost žáků, vede žáka ke kreativnímu myšlení a kreativní činnosti, podporuje jeho zodpovědnost. Umožňuje žákům hloubkový náhled na daný problém, pochopení problému a badatelskou činnost. Nevýhoda této metody spočívá v tom, že ne každý žák je schopný tuto metodu zvládnout, protože na ní není vědomostně připraven nebo není schopen samostatné a zodpovědné práce.

Činnost, která vychází z výzkumné metody, může zahrnovat samostatnou teoretickou činnost (např. vyhledání informací k danému tématu, pochopení daného problému) nebo samostatnou experimentální činnost (např. zkoumání změn pH srážek během jednoho měsíce, odvození závislosti bodu tání směsi dvou látek v závislosti na procentuálním zastoupení složek dané směsi) [5, 11].

## 2.3. Výukové cíle a jejich taxonomie

Výukový cíl je jedna ze základních kategorií edukačního procesu. *Cílem vyučování chápeme zamýšlený a očekávaný výsledek, k němuž učitel v součinnosti se žáky směřuje. Tento výsledek je vyjádřen ve změnách, jichž vyučování dosahuje ve vědomostech, dovednostech, vlastnostech žáků a v utváření jejich postojů, názorů, hodnotové orientace a v jejich osobnostním vývoji* [3]. Už Jan Amos Komenský si uvědomoval potřebu stanovit cíle výuky i každé činnosti, kterou člověk dělá: *Přímo za cílem, oklikám se vyhýbej. Hleď tedy hned od začátku k cíli. Ukaž jej i žákovi. Cíle si všímej bedlivěji než prostředků* [12]. Pokud je při výuce jasně stanoven cíl, předcházíme tím roztříštěnosti a chaotičnosti výuky, můžeme se jasně soustředit na dosažení daného cíle a úměrně tomu volit prostředky, kterými daný cíl můžeme nejlépe dosáhnout. Cíle ve výuce mají jasně a stručně vyjadřovat, čeho chce učitel dosáhnout. Často jsou však stanovovány příliš široce.

Výukové cíle můžeme rozdělit podle mnoha aspektů na kategorie. Obecně jsou cíle vymezovány jako kognitivní (= vzdělávací, žáci si mají osvojit dané vědomosti, pojmy, zákony, teorie, zapamatovat si je, pomocí nich odvodili důsledky a další poznatky),

psychomotorické (= výcvikové, zahrnují učení smyslové, jedná se o koordinaci pohybů, svalů, pozorování, mluvení, manipulaci s přístroji a pomůckami) a afektivní (= postojové, týkají se emocionálních projevů, citů, postojů a hodnot). Každá z těchto kategorií má svoje taxonomie, které byly vytvořeny jako pomůcka pro učitele při stanovování výukových cílů. Zde je nejdůležitější z nich:

**Bloomova taxonomie kognitivních cílů** je hierarchicky uspořádána, protože vychází z teorie, že k dosažení vyšší kategorie je nezbytně nutné zvládnutí příslušného učiva na nižší úrovni. Tato taxonomie má šest stupňů, které umožňují definovat cíle tak, aby zahrnovaly specifické činnosti žáků, proto jsou definovány pomocí aktivních sloves.

- **Znalost** – Na základě pamětních procesů si žák osvojí nebo znovu vybaví dané informace, poznatky, metody a postupy. Důraz se klade na zapamatování. Slovesa, která charakterizují tento stupeň, jsou definovat, doplnit, napsat, nazvat, určit, znázornit, pojmenovat, seřadit. Příklad: Umět definovat pojem komplexometrická titrace a zařadit ji do systému analytických metod.
- **Porozumění** – Žák musí pochopit význam osvojených poznatků, dokáže je vyjádřit vlastními slovy a osvojeného obsahu určitým způsobem dokáže využít. Charakteristická slovesa jsou dokázat, jinak formulovat, objasnit, vyhledat, zdůvodnit, vysvětlit, interpretovat, vypočítat, určit, shrnout. Příklad: Objasnit princip komplexometrické titrace, vysvětlit základní pojmy.
- **Aplikace** – Žák je schopen vybavit si takovou informaci, která se k dané situaci vztahuje, zobecnit ji a správně ji využít ke splnění daného úkolu. Dochází k přenosu učení do situací nových. Typická slovesa jsou aplikovat, demonstrovat, diskutovat, použít, prokázat, navrhnout, uspořádat, roztrždit, vyzkoušet. Příklad: Prokázat přítomnost vápníku v daném vzorku a na základě dosud známých znalostí navrhnout postup výpočtu hmotnostní koncentrace vápníku ve vzorku.
- **Analýza** – Žák je schopen rozložit sdělení na jednotlivé části, které zvláště analyzuje a dochází tak ke složitým myšlenkovým operacím. Dokáže tak hlouběji objasnit sdělení o jevech, určit jejich strukturu a tím vystihnout i jejich podstatu. Z toho také vyplývá i schopnost rozlišit fakta od hypotéz a určit významnost daného jevu. Slovesa tohoto stupně jsou analyzovat, najít princip uspořádání, rozhodnout, rozdělit, rozlišit, specifikovat, porovnat, provést rozbor. Příklad: Rozhodnout, zda je metoda vhodná pro stanovení hmotnostní koncentrace daného prvku, a provést rozbor postupu.

- **Syntéza** – Žák je schopen skládat jednotlivé prvky tak, aby vytvářely smysluplný a požadovaný celek. Dochází k logickému propojení jednotlivých prvků, dřívějších zkušeností s novějšími. Slovesa, která reprezentují tento stupeň taxonomie, jsou klasifikovat, kategorizovat, kombinovat, modifikovat, organizovat, shrnout, vyvodit apod. Příklad: Vyvodit způsob, kterým by se dala stanovit přítomnost hořčíku v pitné vodě.
- **Hodnotící posouzení** – Žák posuzuje hodnotu myšlenek, metod, způsobů řešení. Posuzuje tedy hospodárnost, efektivnost, přesnost. Typická slovesa jsou argumentovat, diskutovat, kritizovat, obhájit, ocenit, vyvrátit, zhodnotit, zdůvodnit, oponovat, porovnat apod. Příklad: Posoudit výhody a nevýhody metody komplexometrické titrace a popsat problémy komplexometrického stanovení [2, 5, 13, 14].

Pro pedagogickou praxi je důležité správné stanovení výukových cílů. Učitel se nejprve seznámí s obecnými cíli výuky a odstupňuje jejich důležitost. Dobře formulovaný výukový cíl je vyjádřen formou činnosti žáka, která se dá pozorovat; požadovaný výkon se vyjadřuje slovesem. Není vhodné používat slovesa, která jsou moc obecná, jako například porozumět, osvojit si, umět. Lepší je nahradit je slovesy aktivními, jako jsou vypočítat, vysvětlit, nakreslit, popsat, odvodit...[4]. Vymezení cíle se tedy skládá z:

- Požadovaný výkon – vyjadřuje jednoznačně činnost, kterou musí žák ovládat, např. Vypočítat titr odměrného roztoku, srovnat neznámější volumetrické metody.
- Podmínky výkonu – obsahuje přesné vymezení požadavků činnosti žáka, např. Dosáhnout výkonu samostatně, s pomocí učitele, za použití chemických tabulek, za jak dlouhou dobu.
- Rozsah výkonu – upřesňuje typy úloh, které musí žák umět řešit, např. Vyřešit úlohu vyžadující jednoduché myšlenkové operace s poznatky – řešit úlohy na výpočet látkového množství při zadání hmotnosti látky nebo objemu a koncentrace.
- Norma výkonu – určuje kvalitu a kvantitu výkonu, stanovuje aspekty práce, které bude učitel hodnotit, princip hodnocení, např. Vypracovat projekt, ve kterém bude hodnocena souvislost s tématem, kreativita a podstatnost uvedených dat [5].

Stanovování výukových cílů může provázet mnoho velmi častých chyb, jako je příliš obecné stanovení cíle, záměna výukového cíle za zamýšlenou činnost učitele, záměna výukového cíle za téma vyučovací hodiny, nebo nejednoznačné vymezení cíle [4].

### 3. Praktická část

V praktické části bakalářské práce, která je určena učitelům chemie nižších tříd víceletých gymnázií a středních škol, se věnuji podrobnějšímu vysvětlení jednoduchých pokusů ze základů analytické chemie. Dále pak praktickým radám při provádění pokusů, testovým otázkám a úkolům pro žáky. První oddíl praktické části tvoří návody na jednotlivé pokusy, které jsou doplněny různými typy, ale také časovou náročností a cíli výuky vycházející z Bloomovy taxonomie. Část pro žáky je uvozena motivačním příběhem a obsahuje stejné kapitoly, jako část pro učitele.

Pomůcky a chemikálie u jednotlivých pokusů jsou uvedeny pro provedení jednoho pokusu. Na vás, učitelích, je, abyste zvážili, zda budou žáci pracovat samostatně nebo ve skupinách. Tučně vyznačené je to, co má udělat učitel, slabě je to, co má udělat žák. Poslední část je tvořena výukovými materiály se srozumitelným vysvětlením pokusů přímo pro žáky. Je doplněna příklady, ilustracemi, fotografiemi a zajímavými úkoly jako jsou křížovky a osmisměrky.

#### 3.1. Jak vést organizaci jednotlivých cvičení

Před začátkem laboratorního cvičení je dobré ověřit, že žáci dané problematice rozumí. Dobrou technikou je psaní krátkých písemných prací s tematikou nadcházejícího cvičení. Žáci jsou tak nuceni se s daným tématem blíže seznámit, porozumět mu a při provádění pokusu jim budou úkoly jasnější. U každého pokusu proto uvedu i jednu z možných variant testů, kde budou vždy tři otázky na ověření znalostí použité metody a dvě otázky přímo na prováděný pokus.

Každý žák by si měl vést svůj laboratorní deník, který by měl nosit s sebou do laboratoře, zapisovat do něj veškeré výsledky své práce, provádět potřebné výpočty a v případě nezdařeného pokusu by se v něm dala dohledat případná chyba. Součástí pokusů pro studenty středních škol je také protokol o provedeném laboratorním cvičení, který by měli žáci vypracovat a odevzdat po každém cvičení. Pro mladší žáky jsou místo protokolů vhodnější pracovní listy, které žáci dostanou před provedením pokusu a které vyplní na základě výsledků pokusu. Aby byl zájem žáků o chemii ještě více podpořen, mohou být pracovní listy zpracovány zábavnou a hravou formou.



Velmi důležitá část, která patří ke každému úkolu, je zpětná vazba. Učitel by se měl obeznámit s tím, jak žák pracoval, co se mu líbilo, co ne, zda ho práce bavila. Díky zpětné vazbě může předcházet nepodařeným momentům a svou práci postupně zdokonalovat ke spokojenosti své i žáků. Způsobů, jak získat od žáků zpětnou vazbu, je mnoho a může se využít různých kreativních postupů, nejlépe však anonymních. Pro podporu vzájemné důvěry však také není špatné rozvinout s žáky po skončení cvičení na toto téma debatu nebo si sesednout do kruhu a každý řekne, co od toho očekával, co ho zklamalo, potěšilo, co se mu líbilo. Jinými možnostmi může například být anonymní dotazník, kde žáci odpovídají na otázky (např. Co se ti na dnešním laboratorním cvičení nelíbilo?), nebo zápis do deníčku, kdy žáci dostanou prázdný papír nadepsaný „Můj milý deníčku...“ a do deníčku napsat, co v laboratorním cvičení dělali, co se jim líbilo a co ne [8].

Jedna z problematik přímo zasahující do učitelovy práce je tvorba učebních úloh. Učební úloha dává žákům jakousi strategii řešení, která velmi účinně rozvíjí i tvořivé myšlení. V praxi je velmi dobře použitelná taxonomie učebních úloh podle D. Tollingerové, která třídí učební úlohy podle náročnosti myšlenkových operací nutných k jejich řešení. Tato taxonomie třídí učební úlohy na pět skupin řazených vzestupně podle náročnosti, které vychází z Bloomovy taxonomie výukových cílů:

- Úlohy vyžadující pamětní reprodukci poznatků – otázky: Jak se nazývá...?, Co je to...?, Definujte..., Jak třídíme...?, Kolik skupin má...?, Který vztah definuje...? (např.: Definujte pojem analytická chemie. Na jaké dva obory analytickou chemii dělíme?).
- Úlohy vyžadující jednoduché myšlenkové operace s poznatkem – otázky: Zjistěte..., Kolik měří...?, Vyjmenujte části..., Popište..., Z čeho se skládá...?, Porovnejte..., Jak se liší...?, Čím se liší...?, Proč...?, Jakou má funkci...?, Co je příčinou...?, Jaký má vliv...? (např.: Popište, co je předmětem zkoumání analytické chemie. Jak se liší kvantitativní analytická chemie od kvalitativní?).
- Úlohy vyžadující složité myšlenkové operace s poznatkem – otázky: Vysvětlete smysl..., Proč myslíte...?, Určete..., Dokažte..., Jak rozumíte...?, Ověřte správnost... (např.: Jak rozumíte slovnímu spojení analýza látek? Dokažte na příkladech z praxe, že analytická chemie je důležitou a perspektivní vědou.).
- Úlohy vyžadující sdělení poznatků - Žák vypovídá nejen o výsledku, ale také o průběhu řešení, podmínkách, fázích, obtížích. (např.: Vyberte si jeden obor, kde je možné analytickou chemii využít v praxi a pomocí literatury nebo internetu zjistěte, jak a co se v tomto oboru chemicky analyzuje.).

- Úlohy vyžadující tvořivé myšlení – otázky: Vymysli praktický příklad..., Všimni si..., Na základě vlastního pozorování urči..., Co se dělo, když... (např.: Na základě dříve získaných chemických znalostí vymysli praktický postup, jak stanovit pH v dešťové vodě.) [13].

V části bakalářské práce určené žákům najdete za každou kapitolou část s názvem otázky a úkoly obsahující pět bodů, které tvoří jakési shrnutí učiva celé kapitoly a zároveň slouží žákům pro samostatnou kontrolu toho, co všechno se naučili. Tyto otázky a úkoly jsou tvořeny podle taxonomie D. Tollingerové, z každé kategorie je vybrán jeden úkol, aby si žáci rozvíjeli své tvořivé myšlení. Stejně tak i otázky do krátkých písemných prací před začátkem laboratorního cvičení jsou tvořeny podle této taxonomie, kde se ale objevují jen otázky zařazené do prvních tří kategorií.

Je vhodné stanovit výukové cíle i k praktickému celku bakalářské práce. Použila jsem výše zmíněnou Bloomovu taxonomii:

- Znalost – žák se seznámí se základními metodami analytické chemie, zná základní rozdělení volumetrických metod, dokáže definovat základní pojmy spojené s touto problematikou.
- Porozumění – žák dokáže vlastními slovy vysvětlit dané pojmy, porozumí principu jednotlivých metod, dokáže vypočítat potřebné údaje. Dokáže správně používat chemické nádobí a správně provádí základní laboratorní dovednosti.
- Aplikace – žák dokáže demonstrovat zadané pokusy, aplikovat osvojené vědomosti do praktického pokusu a vysvětlit jeho průběh a princip.
- Analýza – žák je schopen jednotlivě analyzovat kroky pracovního postupu, provést jeho rozbor, rozhodnout, jaký krok musí následovat.
- Syntéza – po pochopení principu každé z metod je žák schopný kombinovat získané vědomosti do celků a nacházet nové postupy pro stanovení jiných látek na podobném, pro žáka novém, principu.
- Hodnotící posouzení – žák je schopen diskutovat výsledky daného laboratorního cvičení, zhodnotit výhody a nevýhody daného postupu, zdůvodnit jednotlivé kroky v jím zvoleném postupu.

## 3.2. Vypracovaná laboratorní cvičení pro učitele

### 3.2.1. Papírová chromatografie

Časová náročnost úkolu: příprava na úkol – 80 minut, průběh chromatografie – 40 minut, vysvětlení vyhodnocení a úklid – 30 minut.

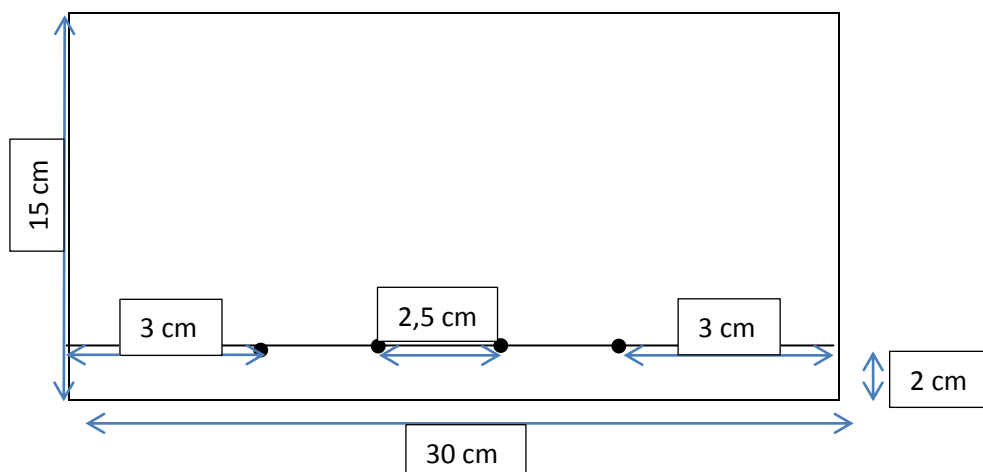
Výukové cíle úkolu: Seznámit žáka s metodou chromatografie a základními pojmy s ní spojenými, které následně dokáže vysvětlit vlastními slovy. Pochopí princip papírové chromatografie jako jedné z nejjednodušších typů chromatografie. Dokáže zvládnout jednoduché laboratorní činnosti spojené s přípravou uvedeného pokusu, tento pokus pochopí a dokáže ho vysvětlit.

Pomůcky: **chromatografická vana s víkem, mikro-pipetka na každý vzorek, filtrační papír, 10 ml kádinka na každý vzorek, lžička, lis na česnek, pravítko, ořezaná tužka, nůžky, 2 kancelářské sponky.**

Chemikálie a vzorky: **20% ethanol do výšky 1 cm v chromatografické vaně, potravinářské barvivo červené, modré a žluté, bonbony značky Skittles, barevné ovoce a zelenina (špenát, mrkev, paprika, švestka, jahoda, višně, ...).**

Postup:

1. **Do každé chromatografické vany nalejte před vyučovací hodinou 20% ethanol do výšky asi jeden centimetr a zavřete ji víkem, aby se v ní udrželo co nejvíce par ethanolu.**
2. Podle pravítka si žáci nakreslí na filtrační papír obdélník o výšce asi 15 cm a šířce asi 30 cm, podle toho, kolik vzorků se chystají nanášet. Obdélník vystříhnou, položí na šířku a 2 cm od spodního okraje udělají tužkou slabou čáru rovnoběžnou s tímto okrajem. Na tuto čáru budou nanášet vzorky, proto si udělají tečky tam, kam budou vzorky nanášet. Od začátku čáry odměří 3 cm, udělají první tečku. Další tečky budou dělat po 2,5 cm a na konci nechají zase alespoň 3 cm volné (viz obrázek 2).

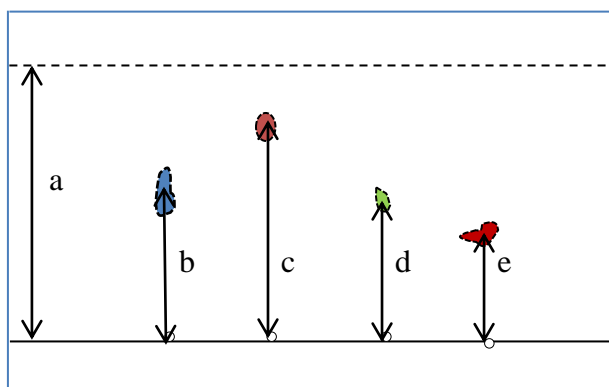


**Obrázek 2: Nákres přípravy filtračního papíru pro papírovou chromatografii**

3. Mezitím vloží do kádinky 2-3 bonbony jedné barvy, přidají malé množství vody a nechají bonbony odbarvit. Malé množství vody je důležité kvůli sytosti roztoku. Takto to žáci udělají s každou barvou bonbonů. Do dalších kádinek rozmíchají asi v 10 ml destilované vody špetku potravinářského barviva modrého, žlutého a červeného. Tak vytvoří standardy pro chromatografii. Také vymačkají do dalších kádinek šťávu z barevného ovoce pomocí lisu na česnek.
4. Pomocí mikro-pipetek (na každý vzorek musí použít čistou pipetku) nakapají každý vzorek na jednu značku na předem připraveném filtračním papíře. Po každé kapce počkat, až to uschne, aby skvrna nebyla moc velká. Po nanesení všech vzorků suchý papír stočí konci k sobě do válce a sepnou nahoře kancelářskou sponkou.
5. Tento válec postaví do chromatografické vany a zase ji zavrou. **POZOR!** Ethanol nesmí dosahovat k čáře se vzorky! Ethanol postupně vzlíná nahoru přes papír a unáší s sebou barevné skvrny, které se začínají rozdělovat na jednotlivé barvy. Až čelo rozpouštědla dosáhne do výšky asi jeden centimetr od konce filtračního papíru, papír vyjmou ven, položí na čistý stůl a tužkou rychle zaznačí, kam až se ethanol dostal. Pak velmi opatrně obtáhnou barevné skvrny a zakreslí střed každé z nich [15, 16, 17, 18].
6. **Po uschnutí provedou vyhodnocení, které by jim měl učitel vysvětlit.**

Vyhodnocení: Každá látka má svůj specifický retenční faktor  $R_f$  v daném systému mobilní a stacionární fáze. Zjištěním retenčního faktoru lze tedy dokázat, že jde o danou látku. Pro zjištění retenčního faktoru musíme znát vzdálenost čela rozpouštědla od startovací čáry (= písmeno **a** v obrázku níže) a vzdálenost středu skvrny zjišťované látky od startovací čáry (= ostatní písmena v obrázku).

Například pro modrou látku v obrázku 3 je retenční faktor  $R_f = b/a$ . Skvrna, která by měla stejnou barvu a stejný retenční faktor, je shodná s touto látkou.



**Obrázek 3: Nákres chromatogramu pro výpočet retenčních faktorů**

Výsledky:

- Standardy: žlutá –  $R_f = 0,82$ ; modrá -  $R_f = 0,76$ ; červená se rozdělila na žlutou a červenou, retenční faktor žluté už známe, retenční faktor červené -  $R_f = 0,78$
- Bonbony Skittles: Všechny barvy se rozdělí na základní barvy – modrou, červenou a žlutou, jejichž retenční faktory již známe. Tímto je dokázáno, že na výrobu těchto bonbonů byla použita stejná potravinářská barviva.
- Přírodní materiály: Tyto látky by se měly rozdělit na různé barevné skvrny, které by se neměly shodovat s předchozími skvrnami, které jsou vyrobeny uměle. Je to proto, že přírodní barviva obsahují jiné složky, proto i jinak přilnou k pevné fázi a jinak se dělí.

**Příprava 20% ethanolu:** Máme  $500 \text{ cm}^3$  96% ethanolu, což je čistý líh, který má při  $20^\circ\text{C}$  hustotu  $0,807 \text{ g/cm}^3$ . Hmotnost tohoto objemu ethanolu je  $m = V \cdot \rho = 500 \cdot 0,807 = 403,5 \text{ g}$ . Nyní použijeme směšovací rovnici a vypočítáme hmotnost vody, kterou musíme přidat, abychom dostali 20% ethanolu:

$$m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2 = (m_1 + m_2) \cdot c$$

$$403,5 \cdot 96 + m_2 \cdot 0 = (403,5 + m_2) \cdot 20$$

$$m_2 = 1533,3 \text{ g H}_2\text{O}$$

K 500 ml 96% ethanolu musíme přidat 1533,3 ml vody, abychom dostali 20% ethanolu.

### 3.2.2. Neutralizační titrace – alkalimetrie

Časová náročnost úkolu: příprava na úkol – 30 minut, průběh standardizace – 45 minut, průběh titrace – 60 minut, vysvětlení vyhodnocení a úklid – 30 minut.

Výukové cíle úkolu: Seznámit žáka s metodou neutralizační titrace a základními pojmy s ní spojenými, které následně dokáže vysvětlit vlastními slovy a se kterými se seznámí v praxi. Pochopí princip neutralizační titrace jako jedné ze základních volumetrických metod. Dokáže zvládnout jednoduché laboratorní činnosti spojené s přípravou uvedeného pokusu, jako je vážení, příprava roztoků, výpočet látkového množství, hmotnosti dané látky. Prováděný pokus pochopí a dokáže ho vysvětlit.

Pomůcky: **titrační aparatura, váhy, hodinové sklíčko, lžička, 100 ml a 250 ml odměrná baňka s uzávěrem, stříčka s destilovanou vodou, filtrační papír, kádinka 250 ml, titrační baňka, pipeta.**

Chemikálie a vzorky: **2 g pevného NaOH, 1,2607 g dihydrátu kyseliny šťavelové -  $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , destilovaná voda, 2 ml methylované, 3 špetky  $\text{CaCl}_2$ , 6 špetek fenolftaleinu, 1 menší láhev coca-coly, miska s ledem.**

Postup:

1. Žáci sestaví aparaturu pro titraci.
2. Nejprve si připraví roztok NaOH, kterým budou titrovat. Na hodinové sklíčko naváží 2 g NaOH. Za chlazení v misce s ledem nasypou navážené množství do 250 ml odměrné baňky, přilejí trochu destilované vody, v níž se NaOH rozpustí, potom doplní destilovanou vodou po rysku, uzavřou a promíchají. Titrovat se musí roztokem, u kterého známe přesnou koncentraci. To se ale u roztoku NaOH říct nedá, protože v tomto hydroxidu jsou různé příměsi uhličitánů a vážení také nemuselo být přesné. Proto musíme roztok standardizovat (tj. zjistit přesnou koncentraci) kyselinou šťavelovou, která je díky své čistotě tzv. základní látkou.
3. Standardizace pomocí základní látky – kyseliny šťavelové: Žáci naváží přesně 1,2607 g dihydrátu kyseliny šťavelové na hodinové sklíčko. Pomocí nálevky a stříčky převedou naváženou látku do odměrné baňky o objemu 100 ml. Rozpustí ji v destilované vodě a dolejí destilovanou vodou po rysku. Nalejí roztok hydroxidu sodného do byrety po rysku, do titrační baňky odpipetují 10 ml roztoku kyseliny šťavelové, přilejí asi 60 ml destilované vody a tři kapky indikátoru methylované

a opatrně titrují. Až se změní barva roztoku v titrační baňce z červené do žluto-oranžové, přidají špetku  $\text{CaCl}_2$ . Roztok znovu zčervená, v titraci se pokračuje až do žluto-oranžové barvy. Jakmile má roztok tuto barvu, zastaví titraci, zaznamenají objem hydroxidu, který do titrační baňky přikapali. Potom ještě dvakrát zopakují celou titraci.

4. Stanovení kyseliny uhličitě: Žáci budou titrovat 20 ml coca-coly, kterou odpipetují do titrační baňky, a přidají k ní špetku indikátoru fenolftaleinu, který barvu roztoku nezmění. Byretu doplní roztokem NaOH po rysku a titrují coca-colu v titrační baňce až do okamžiku, kdy se barva roztoku změní na růžovou a po zamíchání růžová nemizí. Potom zase zaznamenají spotřebovaný objem hydroxidu v byretě. Tuto titraci zopakují ještě dvakrát. Potom převarí 100 ml coca-coly a vaří ji 10 minut, aby mohl uniknout oxid uhličitý. Coca-colu nechají vychladnout a titrují ji stejně jako nepřevařenou coca-colu [19].
5. **Vyhodnocení by žákům měl učitel vysvětlit, seznámit je s tím, proč je to zrovna takto.**

#### **Typy:**

- Pro zrychlení můžete standardizovat velký objem roztoku hydroxidu sodného sami a žákům ho rozlít do kádinek, nebo můžete standardizaci úplně vypustit, výsledky pak budou ale méně přesné.
- Při rozpouštění NaOH v destilované vodě je nutné chlazení v ledu, protože se jedná o exotermickou reakci.
- Při prvním sestavování aparatury na titraci můžete postupovat všichni společně, učitel může také sestavovat svoji aparaturu a přitom vysvětlovat žákům, jak je to správně (např. jak vysoko byretu upevnit a kam se dává titrační činidlo a titrovaný vzorek).
- Před prvním titrováním je důležité vysvětlit, jak se správně titruje. Titrujeme po kapkách, jednou rukou regulujeme kohout, druhou rukou krouživými pohyby mícháme roztok v titrační baňce.
- Žáci si mohou vyzkoušet orientačně zjistit pH coca-coly pomocí pH-papírku. Mohou také zpracovat téma coca-cola jako projekt, nebo si připravit zajímavou prezentaci o působení coca-coly na organismus.

Vysvětlení: V tomto laboratorním cvičení kombinujeme práci se dvěma kyselinami – kyselinou uhličitou a kyselinou fosforečnou. Když porovnáme  $pK$  kyseliny fosforečné a  $pK$  kyseliny uhličitě, zjistíme, že  $pK_2$  kyseliny fosforečné je velmi blízko  $pK_1$  kyseliny uhličitě, takže spolu interferují. Proto, když titrujeme coca-colu na fenolftalein, titrujeme kyselinu fosforečnou do druhého stupně a kyselinu uhličitou do prvního stupně. Proto je spotřeba roztoku hydroxidu sodného větší, než když titrujeme převařenou coca-colu, která už neobsahuje kyselinu uhličitou, která se vyvařila jako oxid uhličitý. Po odečtení těchto dvou naměřených spotřeb roztoku hydroxidu sodného dostáváme spotřebu hydroxidu sodného pouze na titraci kyseliny uhličitě do prvního stupně. Z poměru látkových množství hydroxidu sodného a kyseliny uhličitě při titraci do prvního stupně a ze spotřeby hydroxidu sodného a jeho přesné koncentrace vypočítáme množství kyseliny uhličitě ve 20 ml coca-coly. Tento výsledek můžeme ještě upravit na obsah kyseliny uhličitě v celé lahvi coca-coly.

Výsledky:

- Nejprve stanovíme přesnou koncentraci roztoku hydroxidu sodného tak, že titrujeme kyselinu šťavelovou tímto roztokem až do žluté barvy. Spotřeba roztoku hydroxidu sodného na jednu titraci je kolem 10 ml. Vyčíslená chemická rovnice této reakce je  $(\text{COOH})_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow (\text{COONa})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  a z ní vychází tento vzorec pro výpočet:  $2 \cdot n(\text{COOH})_2 = 1 \cdot n(\text{NaOH})$ . Koncentrace by po výpočtu měla vyjít kolem 0,2 mol/l.
- Spotřeba roztoku hydroxidu sodného na jednu titraci 20 ml nepřevařené coca-coly je kolem 4 ml. Titrujeme na fenolftalein, to znamená do stálého růžového zbarvení.
- Spotřeba roztoku hydroxidu sodného na jednu titraci 20 ml převařené coca-coly je kolem 2,5 ml.
- Ve 20 ml coca-coly asi 0,0153 g  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Při výpočtu vycházíme z chemické rovnice  $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .



### 3.2.3. Komplexometrická titrace - chelatometrie

Časová náročnost úkolu: příprava na úkol – 40 minut, průběh titrace – 60 minut, vysvětlení vyhodnocení a úklid – 30 minut.

Výukové cíle úkolu: Seznámit žáka s metodou komplexometrická titrace a základními pojmy s ní spojenými, které následně dokáže vysvětlit vlastními slovy a se kterými se seznámí v praxi. Pochopí princip chelatometrické titrace jako jedné ze základních komplexometrických metod. Dokáže zvládnout jednoduché laboratorní činnosti spojené s přípravou uvedeného pokusu, jako je příprava titračního činidla o přesné koncentraci, vážení, příprava zkoumaných vzorků, výpočet potřebné hmotnosti látky při známé koncentraci a objemu jejího roztoku, hmotnostní koncentrace dané látky. Prováděný pokus pochopí a dokáže ho vysvětlit.

Pomůcky: **titrační aparatura, váhy, hodinové sklíčko, lžička, 250 ml odměrná baňka s uzávěrem, stříčka s destilovanou vodou, titrační baňka, pipeta, kádinka a 25 ml odměrná baňka na každý vzorek.**

Chemikálie a vzorky: **5 g chelatonu III [20], 3 lžičky murexidu, 2M roztok NaOH - na každou titraci 5 ml, destilovaná voda**, jogurt, tavený sýr, pomazánkové máslo, 50 ml trvanlivého mléka, čerstvého mléka...

Postup:

1. Žáci sestaví aparaturu pro titraci. Přesně naváží na hodinové sklíčko vypočítané množství chelatonu III. Navážku chelatonu III opatrně přesypou přes nálevku do odměrné baňky, uzavřou zátkou a protřepávají tak dlouho, než se chelaton III rozpustí. Potom roztok doplní destilovanou vodou po rysku na odměrné baňce. Do byrety v sestavené aparatuře, která má zavřený kohout, nalejí pomocí nálevky až přesně po rysku připravený roztok chelatonu III.
2. Na hodinové sklíčko odváží 10 g jogurtu, taveného sýru, pomazánkového másla nebo do kádinky odváží 10 g mléka (tučné, polotučné, odstředěné, čerstvé...). Naváženou potravinu kromě mléka rozpustí v malém množství destilované vody. Daný roztok nebo mléko nalejí do odměrné baňky s objemem 25 ml a doplní po rysku destilovanou vodou. Do titrační baňky odpipetují 10 ml roztoku z první odměrné baňky, **přidají 5 ml roztoku NaOH**, a větší špetku murexidu a dobře zamíchají. Pokud pracovali správně, získají krásně růžový roztok.

3. Tento růžový roztok budou titrovat pomocí chelatonu III v byretě, až se celý zbarví fialově. V tomto okamžiku odečtou a zapíší si přesný objem roztoku v byretě, který do titrační baňky přidali. S každým vzorkem provedou dvě titrace. Ze dvou získaných objemů roztoku NaOH pro každý vzorek vypočítají aritmetický průměr a dostanou potřebný objem do výpočtu [21].
- 4. Vyhodnocení úkolu by měl objasnit učitel a vysvětlit, proč to tak je.**

**Typy:**

- Pro urychlení úkolu může učitel sám připravit odměrný roztok chelatonu III.
- Pozor na to, že děti pracují s hydroxidem sodným. U mladších dětí doporučuji, aby učitel pipetoval hydroxid sodný do titračních baněk. Starší děti upozorněte na nebezpečnost polítlí a vyzvěte je ke zvýšené opatrnosti.

Vysvětlení: Při chelatometrii je odměrným roztokem chelaton III, pomocí kterého můžeme stanovit kationty prvků s nábojem  $2^+$ ,  $3^+$  a  $4^+$ , tedy i vápenaté kationty. Při této reakci vycházíme z chemické rovnice  $H_2Y^{2-} + Ca^{2+} \rightarrow CaY + 2H^+$ . Chelaton III reaguje obecně vždy v poměru látkových množství 1:1, takže z látkového množství spotřebovaného chelatonu III do dosažení bodu ekvivalence můžeme vypočítat hmotnost vápníku v mléčných výrobcích. V bodě ekvivalence nastane barevná změna, kterou způsobí volný indikátor, který už netvoří s vápníkem žádný slabý komplex jiné barvy. Je to proto, že chelaton III vyvázal všechny vápník z tohoto komplexu s indikátorem a sám s vápníkem komplex utvořil.

Výsledky: Obsah vápníku ve vzorku závisí na výrobci, proto nejde jednoznačně říci, že sýr obsahuje více vápníku než jogurt. Musíme uvést značku výrobku. Spotřeba roztoku chelatonu III je kolem 1-2 ml. Proto je důležité titrovat pomalu a opatrně. Výsledky vyjádříme v hmotnostní koncentraci na 10 g vzorku. Vysoký obsah vápníku vycházel například v sýru značky Kiri.

**Příprava roztoku hydroxidu sodného o koncentraci 2 mol/l:** Na tento úkol není potřebný roztok o přesné koncentraci, proto nebudeme provádět standardizaci kyselinou šťavelovou. Chceme připravit 250 ml roztoku NaOH.  $M_r$  hydroxidu sodného je 40 g/mol. Vycházíme ze vzorce  $m = c \cdot V \cdot M_r = 2 \cdot 0,25 \cdot 40 = 20$  g. Na přípravu 250 ml roztoku hydroxidu sodného o koncentraci 2 mol/l potřebujeme 20 g NaOH.

### 3.2.4. Redoxní titrace - jodometrie

Časová náročnost úkolu: příprava na úkol – 40 minut, průběh titrace – 70 minut, vysvětlení vyhodnocení a úklid – 30 minut.

Výukové cíle úkolu: Seznámit žáka s metodou redoxní titrace a základními pojmy s ní spojenými, které následně dokáže vysvětlit vlastními slovy a se kterými se seznámí v praxi. Pochopí princip jodometrie jako jedné ze základních metod redoxních titrací. Dokáže zvládnout jednoduché laboratorní činnosti spojené s přípravou uvedeného pokusu. Prováděný pokus pochopí a dokáže ho vysvětlit.

Pomůcky: **titrační aparatura, váhy, hodinové sklíčko, lžička, stříčka s destilovanou vodou, titrační baňka, pipeta, 25 ml kádinka na každý vzorek, 50 ml kádinka na roztok jodu, odměrné baňky o objemu 50 ml, 75 ml, 100 ml a 125 ml na každý standard s vitamínem C, třecí miska s tloučkem, lis na česnek.**

Chemikálie a vzorky: **celaskon s 250 mg vitamínu C v jedné tabletě, 100 ml roztoku jodu o koncentraci 0,05 mol/l, asi 20 ml 1% roztoku škrobu, 20 ml kyseliny octové o koncentraci 6 mol/l, různé druhy ovocné šťávy po 20 ml – z cibule, papriky, citronu, jablka, ovocný džus...**

Postup:

1. Žáci sestaví aparaturu pro titraci. Do každé odměrné baňky o objemu 50 ml, 75 ml, 100 ml a 125 ml nasypou jednu dobře rozdrčenou tabletu celaskonu a doplní destilovanou vodou po rysku. Uzavřenou odměrnou baňku protřepávají do té doby, než se celaskon úplně rozpustí. Do titrační baňky odpipetují 10 ml toto roztoku z 50 ml odměrné baňky, **přidají 1 ml kyseliny octové o koncentraci 6 mol/l** a 1,5 ml roztoku škrobu. Do byrety nalejí roztok jodu po rysku a začnou titrovat.
2. Titrují až do té doby, než se roztok zbarví do tmavě modré a po zamíchání a 15 s stání se neodbarví. Potom si zaznamenají spotřebu jodu. Titraci s novým roztokem z 50 ml odměrné baňky provedou ještě jednou (zopakují body 3 a 4) a potom provedou další dvě titrace s dalším standardem ze 75 ml baňky, potom ze 100 ml baňky a nakonec ze 125 ml baňky. Takže provedou 8 titrací a mají zapsaných 8 spotřeb roztoku jodu.
3. A nyní přejdou ke stanovení obsahu vitamínu C v jednotlivých vzorcích. Pomocí lisu na česnek vymačkají do 25 ml kádinky šťávu z ovoce tak, aby jí měli alespoň 20 ml. S každým vzorkem provedou vždy dvě titrace, a to stejným způsobem, jako titrovali

standardy. To znamená, že dolejí jod do byrety po rysku, do titrační baňky odpipetují 10 ml vzorku, **přidají 1 ml kyseliny octové**, 1,5 ml roztoku škrobu a budou titrovat do tmavě modré barvy, která se neodbarví [15, 18].

4. Titrovat musí velmi pomalu a opatrně, protože vitamínu C tam nebude moc, a proto i roztoku jodu bude stačit přidat pár kapek. Jinak by se mohlo stát, že nebudou mít přesné výsledky. Výsledky ke každému vzorku zprůměrují, počítat budou s tímto průměrem. **Žáci budou potřebovat pomoc s vysvětlením vyhodnocení tohoto úkolu.**

#### Typy:

- Pokud se celaskon nebude chtít rozpustit, je dobré použít ultrazvuk, který rozpouštění značně urychlí. Čím lépe je nadrcen, tím lépe jde rozpouštět.
- Žáci mají pracovat s kyselinou octovou a jodem. Musí být upozorněni na nebezpečí polití se a seznámení s první pomocí. Mladší žáci by s těmito látkami neměli pracovat, bylo by vhodné, aby s nimi pracoval pouze učitel.

Vysvětlení: V titrační baňce je vitamín C a škrob. Vitamín C tvoří s jodem sloučeninu, takže v roztoku nezůstane volný jod, který by mohl škrob indikovat. V bodě ekvivalence zreaguje právě všechno vitamín C s jodem a po přidání další kapky jodu už není žádný vitamín C, který by s ním reagoval. Proto v roztoku zůstane volný jod a roztok se zbarví tmavě modře díky reakci jodu s volným škrobem.

Vyhodnocení: Provedeme vyhodnocení metodou kalibrační křivky. Sestrojíme graf závislosti koncentrace vitamínu C na spotřebě roztoku jodu u 4 standardů. Tento graf je nutné sestavit na počítači, proložit ho lineární spojnicí trendu a nechat zobrazit rovnici této přímky. S rovnicí budeme dál pracovat. Za hodnotu x dosadíme průměrnou spotřebu jodu u daného vzorku a vypočítáme y, což je koncentrace vitamínu C v 10 ml ovocné šťávy. Jeden z největších obsahů vitamínu C mají papriky. Čím větší spotřeba roztoku jodu při titraci, tím vzorek obsahuje více vitamínu C. Spotřeba roztoku jodu u vzorků je většinou kolem 1-2 ml.

**Příprava roztoku kyseliny octové o koncentraci 6 mol/l:** Pro výpočet hmotnosti kyseliny octové na přípravu roztoku 250 ml této kyseliny o koncentraci 6 mol/l, jejíž  $M_r = 60,05$  g/mol, použijeme vzorec  $m = c \cdot V \cdot M_r = 6 \cdot 0,25 \cdot 60,05 = 90,075$  g.

K dispozici máme 99% roztok kyseliny octové o hustotě 1,050 g/cm<sup>3</sup>. Pomocí trojčlenky vypočítáme objem 99% kyseliny, který musíme použít na přípravu 250 ml kyseliny octové o koncentraci 6 mol/l.

$$\begin{array}{r} 1,05\text{g} \dots\dots\dots 1 \text{ ml} \\ 90,075 \text{ g} \dots\dots\dots x \text{ ml} \\ \hline X = 90,075/1,05 \cdot 1 \\ \underline{X = 85,75 \text{ ml}} \end{array}$$

K přípravě 250 ml kyseliny octové o koncentraci 6 mol/l potřebujeme 85,75 ml 99% kyseliny octové.

**Příprava 500 ml roztoku jodu o koncentraci 0,05 mol/l:** Jod je v destilované vodě málo rozpustný. Mnohem více rozpustný je trijodid, který vzniká reakcí jodidu draselného s jodem ve vodě a z hlediska jodometrie reaguje stejně jako jod. Navážka jodu se přidá k navlhčenému jodidu draselnému. Směs se důkladně rozetře v třecí misce a přidá se voda. K nerozpuštěnému zbytku jodu se přidá další podíl jodidu a celý postup se opakuje až do úplného rozpuštění jodu. Navážka jodu:  $m = c \cdot V \cdot M_r = 0,05 \cdot 0,5 \cdot 253,8 = \underline{6,345 \text{ g jodu}}$ .

**Příprava 1% roztoku škrobu:** Odvážíme přesně 1 g práškového škrobu a protřepeme v 15 ml vody. Obsah kádinky vlijeme do 85 ml vroucí vody, dobře promícháme a necháme vychladit.

### 3.2.5. Důkaz škrobu specifickou reakcí s jodem

Časová náročnost úkolu: příprava na úkol – 15 minut, průběh stanovení – 15 minut, vysvětlení vyhodnocení a úklid – 15 minut.

Výukové cíle úkolu: Seznámit žáka s jednoduchým důkazem z oboru kvalitativní analytické chemie. Na základě tohoto jednoduchého příkladu žák pochopí, jak důkaz funguje a v praxi si ho vyzkouší s potravinami z každodenního života. Na základě pochopeného principu je schopen vysvětlit daný jev a porovnat množství přítomného škrobu v jednotlivých vzorcích.

Pomůcky: kapátko, kádinka 10 ml, větší hodinové sklíčko pro každý vzorek.

Chemikálie a vzorky: 5 ml Lugolova roztoku jodu, různé druhy uzenin a salámů.

Postup:

1. Na hodinové sklíčko položí žáci vždy jeden kousek uzeniny. Odlejí si trochu Lugolova roztoku do kádinky.
2. Pomocí kapátka nanesou na uzeninu (pokud je to možné, tak na čerstvý řez) kapku tohoto roztoku jodu a pozorují, zda proběhne barevná reakce [15, 18].

Vysvětlení: Lugolův roztok je roztok jodu, který reaguje s polysacharidy díky dlouhému řetězci sacharidů. Proto jodem nemůžeme dokázat například glukózu. Jediný polysacharid, který reaguje s jodem modrofialově, je škrob.

Vyhodnocení: Pokud je v uzenině obsažen škrob, zbarví se skvrna po jodu na temně modrou. Čím intenzivnější je tato modrá barva, tím víc škrobu uzenina obsahuje. Obecně platí, že čím světlejší uzenina nebo salám, tím více škrobu bude pravděpodobně obsahovat.

**Příprava Lugolova roztoku:** 1,5 g jodidu draselného se rozpustí ve 100 ml destilované vody a přidá se 0,5 g jodu. Výsledný roztok je roztokem trijodidu draselného  $KI_3$ , který je na rozdíl od jodu dobře rozpustný ve vodě.

### 3.3. Zpracování laboratorních úkolů pro žáky

Na následujících stranách se nachází učební materiál - zpracování laboratorních úkolů pro žáky, které je má zaujmout, jasně vysvětlit danou problematiku, pomoci s pochopením úkolů a v neposlední řadě také zpříjemnit mnohdy nepříjemné hodiny chemie v laboratořích [22].

**Milý žáku,**

**to, co Ti teď budu vyprávět, zní neuvěřitelně. Ale i neuvěřitelné věci se mohou stát skutečnými. Proto prosím věř i tomuto příběhu, který jsem tu pro Tebe zaznamenal. Opatruj tajemství schované v těchto řádcích, jako by to byla truhla pokladů, a možná se ti jednou v opravdový poklad promění.**

**Třídní učitel a chemikář**

*„Hele, děčka...“, ve třídě byl neustálý křik, Petr s Tomášem se stále honili s mokrou houbou po třídě, nikdo nevnímal, že jim chce Veronika něco říct. „Haló, buďte potichu!“, zakřičela a třída trochu utichla. „Díky, mám nápad, blíží se Vánoce, tak co kdybychom si udělali takový večírek, byla by to aspoň pořádná akce!“ „Skvělé!!!“, souhlasili kluci i holky až na Marušku, Týnu a Pepu. „Ale kde to uděláme?“ „No, to bude docela problém... Chtělo by to nějakou místnost, kde nebudeme nikoho rušit... Zkusíme se po něčem poptat.“*

*V úterý odpoledne byla chemie, kterou vyučuje velmi oblíbený třídní učitel. Veronika se zase ujala organizace: „Pane učitel, chtěli bychom Vás pozvat na třídní vánoční večírek. Jen ještě nevíme, kde ho uskutečníme. Chtěli bychom nějakou místnost, kde by to šlo být přes noc a hlavně kde bychom nikomu nepřekáželi a nerušili. Nevíte o něčem?“*

*Třídní učitel byl touto zprávou docela zaskočený, ale udělalo mu radost, že jeho třída je akční, že si rozumí a také že ho pozvali. Proto po chvíli přemýšlení navrhl: „Možná by to šlo přímo tady v naší škole. Vím v suterénu o jedné místnosti, jde se tam dveřmi z boku školy, takže bychom do školy vůbec nemuseli. Tam bychom určitě neměli koho rušit a vejdemo se tam všichni, místnost je to dost velká. A stoly a židle tam jsou také. Co vy na to?“*

*Třída byla z učitelova návrhu nadšená. Domluvili si přesné datum a hodinu srazu a pak se mělo pokračovat ve výuce. Bylo to však nemožné, mysl žáků byla upřená do budoucnosti, v hlavě už plánovali občerstvení, těšili se na spolužáky ze třídy, na nové zážitky, toužili po dobrodružství...*

*Konečně je to tady. Rázem byla pryč ta bezvadná třída, kde dávají žáci pozor, přemýšlí o učivu, ptají se a klidně sedí. Jako by je někdo vyměnil. Někteří byli zasnění, jiní se neustále bavili, vrtěli se na židlích, nevnímali výklad nové látky, v matematice dělali chyby jako v první třídě. Už aby se šlo na oběd... V ten den to bylo přání všech, žáků i učitelů.*

*Po obědě už je nic nemohlo zadržet; nákupy, příprava občerstvení, vyzdobení místnosti a už se blížilo 18 hodin. Pomalu se třída začala scházet... Jako poslední vstoupil do místnosti, kde to hučelo jako v úle, třídní učitel. A pak se to rozjelo... Nikdo se nenudil, dokonce i Týna s Maruškou si našly svoje. Povídaley si spolu a vypadaly spokojeně. Jen Pepa se nebavil... Seděl v koutě a zamračeně se díval na spolužáky. Hodiny ubíhaly a najednou bylo skoro deset. Slovo si vzal třídní učitel a začal povídat vtip: „Nová paní učitelka si chce ověřit znalosti z psychologie a tak řekne:*

*Kdo si myslí, že je hloupý, ať se postaví. Když dlouho nikdo nevstává, tak se postaví Pepíček, Pepičku, ty si myslíš, že jsi hloupý? Ne, ale nechtěl jsem, abyste tu stála tak sama." Celá třída se rozesmála, ale v tom náhle zmlkla. Najednou všichni slyšeli bít zvony, odbila desátá hodina a třídou prolétl studený vítr. Zvláštní. Nikdo se neodvažoval ani hnout. A v tom uslyšeli hlas, mohutný, hrubý a chraplavý. Nikoho však neviděli. „Vítám vás tu...“*

*„Co je to?“, honilo se každému hlavou, dívali se z jednoho na druhého a v očích měli strach. U stolu s občerstvením se objevila jakási mlha, která se pomalu formovala do tvaru postavy. „Je to duch!“, běželo všem hlavou, „co teď?“ Ale to už na ně duch znovu promluvil. „Nebojte se, prosím, a vyslechněte si můj příběh. Tato škola je velmi stará... Býval jsem učitelem chemie, tady jsem měl laboratoř, kde jsem měl žáky naučit, že chemie je zajímavá věda, kterou svět potřebuje, vždyť je všude kolem nás. Žáci mě ale neměli rádi a já je taky ne. Přezdívali mě Chemča a nenáviděli chemii. Byl jsem nejmiň oblíbený učitel na škole. Křičel jsem na ně, přišli mi hloupí, nechtělo se mi vysvětlovat každou věc desetkrát. Udělal jsem chybu. A za ni tu musím pykat. Dostal jsem úkol, kterým můžu odčinit to, co jsem udělal špatně. Musím někoho přesvědčit, že chemie není nuda, že je to zajímavá věda. Avšak tento úkol je tak těžký. Zvlášť když sem nikdo nechodí a zrovna chemie přijde žákům těžká a nemají ji rádi...“*

*Pak jeho drsný hlas dozněl... Byl tam a všechny si prohlížel. Nikdo nevěděl, co říct. Byla to totiž pravda. Jejich učitel chemie se sice snažil, ale stejně to byl předmět, který nebyl oblíbený, byl nezábavný a těžký. Jak Chemča domluvil, zase se rozplynul. Zmizel tak rychle a nečekaně, jako se objevil. Celá třída stála jako omráčená a všem se honila hlavou spousta myšlenek. Všichni čekali, co se bude dít dál. Nic se však nedělo, a tak se začali rozkoukávat, až se rozproudila živá diskuse.*

*Jeden člověk se však do rozhovoru nezapojil. Byl to Pepa. Nikdo si ho ale nevšiml. Až když se náhle Týna rozhlédla po místnosti, uviděla Pepu s Chemčou u stolu s občerstvením. Vykřikla a pozornost všech se obrátila na ty dva. Byli oba do něčeho velmi zabraní, ani si nevšimli, že hovor ve třídě ustal a celá třída teď stojí v kruhu okolo nich a stolu s jídlem.*

*Chemča tahal neznámo odkud chemické nádoby jedno za druhým, vytáhl váhy, byretu, stojan, titrační baňky, kádinky... Žáci stáli bez hnutí a zírali na ducha. Ten byl ve svém živlu a právě sestrojil jakousi aparaturu. Žáci tohle ještě nikdy neviděli. Na co to tak asi je? Co s tím bude dělat? To se však během chvílky měli dozvědět. Anežka se totiž neudržela a kýchlá. Všichni se lekli a Chemča s Pepou zpozorovali, že nejsou sami. Pepu to našťvalo a chtěl se znovu uchýlit do kouta, ale to už Chemča začal vysvětlovat, co se chystá provádět, a zvědavost Pepovi odejít nedovolila.*

*Chemča popsal celou aparaturu, řekl, že se chystá titrací zjistit, jestli je víc vápníku v měkkém sýru nebo v jogurtu. Metoda, kterou se chystal ukázat, se jmenuje chelatometrie, protože se množství vápníku stanovuje pomocí chelatonu III. Všichni stáli téměř bez dýchání a s napětím čekali, co se bude dít.*



To už si Chemča odvážil do odměrné baňky přesně 10 g sýru. Rozmíchal ho v destilované vodě a do odměrné baňky dolil destilovanou vodu po rysku. Žáci jen zírali, takovou chemii v praxi ještě nikdy neviděli, vždyť se stále jen něco učili z paměti. Ve větší odměrné baňce rozpustil navážený bílý prášek a vysvětlil celé třídě, že to je právě ten důležitý chelaton III. A to už Chemča připravoval titrační aparaturu. Vysvětloval přitom, jak správně pracovat s byretou, jak odečítat přesně objem v byretě, jak doplnit byretu správně až po rysku. Nakonec, když byla aparatura sestavená, naplnil byretu roztokem chelatonu III. Pracoval vesele, zručně, vysvětloval každou maličkost. Nakonec třídě vysvětlil, co znamená titrace a zvesela se do ní pustil. Do titrační baňky odpipetoval 10 ml roztoku sýru, přidal hydroxid a murexid, který zbarvil bílý roztok do růžova. A začala titrace. Všichni žáci s úžasem pozorovali kapky titračního činidla, které se po dopadu do roztoku v titrační baňce zbarvily fialově, ale vzápětí se fialová barva ztratila. A najednou se po přidání jedné kapky celý roztok zbarvil do fialova. Neuvěřitelné!

Celá třída vydechla překvapením. Chemča se zasmál: „To je přece jasný, vždyť už tam nebyl vápník, který by reagoval s murexidem, všechnen vápník byl přitážen chelatonem III. A murexid je sám o sobě fialový, jen s vápníkem byl růžový.“ A chystal se vypočítat, kolik vápníku tedy v sýru bylo, aby celý pokus provedl znovu s jogurtem. Pepa byl jako u vytržení a i když normálně ve třídě skoro nemluvil, najednou byl ve svém živlu. Nikdo nevěděl, že ho chemie tak zajímá. K úžasu všech řekl: „Vidíte, vy jste pořád tvrdili, že chemie je hrozná, netěšili jste se na ni, já jo. A teď konečně vidíte, že je to tak zajímavá a užitečná věda!“ Celá třída věděla, že má pravdu. Chemča se na Pepu s úsměvem podíval a řekl: „Děkuji ti, příteli, nyní můžu s klidem odpočívat na věky, protože jsem splnil svůj úkol.“ A zmizel. Spolu s ním zmizely i namíchané roztoky, kádinky, aparatura a vše bylo tak, jako předtím. Nikdo nechápal. Bylo jim líto, že právě teď ten duch odešel.

Ráno se jako první probudil třídní učitel, zdál se mu zvláštní sen. Posadil se a najednou se strašně lekl. Vedle něho ležela stará, odřená kniha s nápisem Kuchařka zvědavého chemika. Vždyť to byla ta knížka ze snu! Postupně se probouzela celá třída a všichni zjistili, že měli stejný sen. Zdálo se jim, že Chemča předal jejich učitelé svou oblíbenou knihu, která se jmenovala přesně jako ta, která ležela ráno vedle učitele. Přitom mu kladl na srdce, aby ji jen tak nedal do šuplíku, ale aby ji spolu se svou třídou využili. A všichni žáci byli ve snu velmi nadšeni. Ještě větší nadšení však zavládlo, když zjistili, že to byla skutečnost, že tu záhadnou knihu opravdu mají a že jejich hodiny chemie budou neopakovatelným zážitkem. Když bylo vše uklizeno, rozloučili se a rozešli se domů s očekáváním Vánoc, ale také nových chemických zážitků. Nikdy na to vše nezapomenou.

Po letech se mně, třídnímu učitelé, který se svou třídou prožil celé toto dobrodružství, Chemča zjevil ještě jednou. Poradil mi, aby se jeho kniha dostala nejen k mým žákům, a proto se Kuchařka zvědavého chemika dostává do rukou i Tobě. Opatruj ji a ať i Tobě přinese poznání, o čem chemie skutečně je.

# Kuchařka zvědavého chemika

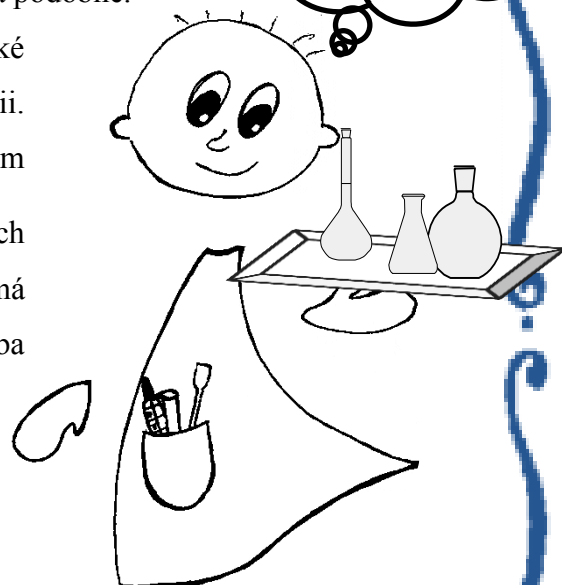
Vítám všechny chemiky i nechemiky na stránkách této příručky. Doufám, že Ti chemie přiroste k srdci, nebo aspoň poznáš, že to nemusí být jen nuda. Tak s chutí pojďme do toho, nemusíš se ničeho bát, budu Tě těmito stránkami provázet krok za krokem... A že nevíš, komu to vlastně důvěřuješ? Jsem to přece já, tvůj Chemča!

## Co je vlastně analytická chemie?

Víš, že analytická chemie je část chemie, která se zabývá analýzou různých látek? Zkoumá složení půdy, míru znečištění vzduchu, jaké látky se vyskytují ve vodě, jestli je pitná voda opravdu pitná, složení potravin, jestli v dané látce není obsažený nějaký jed a podobně.

Analytickou chemii rozdělujeme na dvě velké oblasti – kvalitativní a kvantitativní analytickou chemii. Kvalitativní analytická chemie se zabývá zkoumáním složení dané látky a dokazováním přítomnosti různých prvků a látek. Kvantitativní analytická chemie zkoumá množství známé látky ve zkoumaném vzorku, třeba kolik chloru je v pitné vodě nebo kolik vápníku je v sýru. Analytická chemie využívá celou řadu metod a s některými z těch základních Tě seznámím.

Vzhůru do  
tajů analytické  
chemie!



## Papírová chromatografie

Slyšel jsi někdy slovo chromatografie? Předpokládám, že asi ne, ale to hned napravím! Chromatografie je moc důležitá metoda, která je založena na různé přilnavosti složek zkoumaného vzorku ke stacionární (nebo pevné) fázi. Co si máš představit pod pojmem pevná fáze? Je to nějaká látka, která je v systému nepohyblivá, a my na ni můžeme nanést vzorek. Po pevné fázi se pohybuje nějaká kapalina nebo plyn, které nazýváme mobilní fáze, protože se pohybuje, a unáší s sebou složky zkoumaného vzorku, které jsou nanesené na pevnou fázi. Každá složka se ale pevné fáze „drží“ jinak pevně.

Proto je některá část odnášena rychleji, a vzorek se tak rozdělí na složky, ze kterých je složen. A to právě potřebujeme, abychom mohli oddělit jednotlivé složky vzorku a určit, z čeho se vzorek skládá.

Existuje mnoho obměn této metody. Nejzákladnější dělení je podle použité mobilní nebo stacionární fáze. Podle mobilní fáze dělíme chromatografické metody na plynové, když je mobilní fází plyn, nebo kapalinové, pokud je mobilní fází kapalina. Podle pevné fáze máme kolonovou chromatografii, chromatografii na tenké vrstvě nebo papírovou chromatografii.

Papírová chromatografie je nejjednodušší z chromatografických metod, která slouží k důkazu, které látky ve vzorku máme. Tuhle metodu si dokonce i vyzkoušíš. Musíme ale už tušit, jaké látky mohou ve vzorku být nebo přítomnost kterých látek chceme dokázat. Pevnou fází je filtrační papír. Na ten se tedy nanese zkoumaný vzorek a kousek vedle nanese vzorky látek, jejichž přítomnost chceme dokázat. Papír s nanesenými vzorky postavíme do chromatografické nádoby s kapalinou. Tak, jak kapalina vzlíná papírem nahoru, tak unáší složky vzorku, každá složka se ale pohybuje jinak rychle, proto se složky rozdělí. Po skončení chromatografie uvidíš složky jako barevné skvrny ve sloupci nad sebou. Tomuto výsledku se říká chromatogram. Pokud se vzdálenost od startu a barva některých skvrn shoduje, pak se jedná o tutéž látku. Zajímavé, že?

Při chromatografii na tenké vrstvě je každá látka charakterizovaná tzv. retenčním faktorem při určité pevné a mobilní fázi. A co to vlastně ten retenční faktor je?

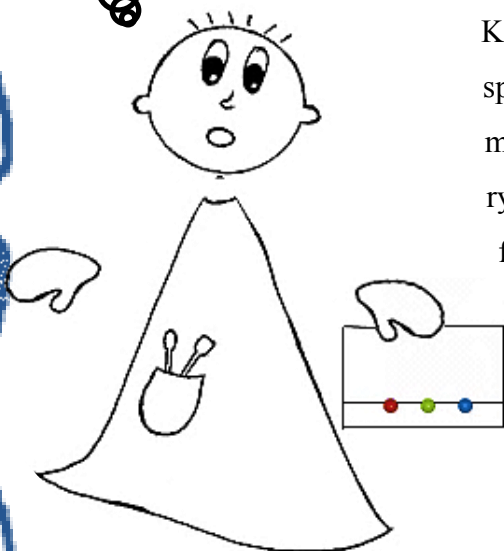
Nejprve je potřeba změřit vzdálenost **a** na chromatogramu, což je vzdálenost od počáteční čáry k místu, kam dosahovala mobilní fáze po ukončení chromatografie, a potom například **b**, což je vzdálenost středu

skvrny od počátku. Retenční faktor je poměr  $R_f = b/a$ .

Když se zamyslíš, může být  $R_f$  větší, než jedna? Jistě jsi správně odpověděl, že ne. Může nabývat velikosti maximálně jedna a to v případě, že vzorek putuje stejně rychle jako mobilní fáze a není zadržován stacionární fází. A co retenční faktor nula? To je zase vzorek stále

na startu, protože je silně poután ke stacionární fázi a mobilní fáze ho nedokázala „odpoutat“. V těchto případech je nutné zvolit jinou soustavu stacionární a mobilní fáze. A teď si to společně vyzkoušíme!

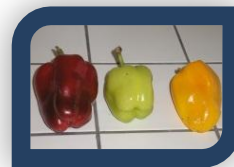
Takových  
barevných  
teček, že?



## ÚKOL: Chromatografie barviv

**Metoda:** Papírová chromatografie

**Pomůcky:** chromatografická vana, mikro-pipetky na každý vzorek, filtrační papír, lis na česnek, 10 ml kádinka na každý vzorek, lžička, pravítko, ořezaná tužka, nůžky, kancelářská sponka.

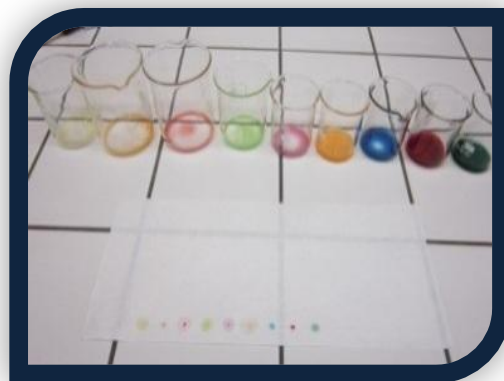


**Chemikálie a vzorky:** 20% ethanol, potravinářská barviva různých barev, bonbony značky Skittles, barevné ovoce a zeleninu (špenát, mrkev, paprika, švestka, jahoda, višň, ...).

### Tak a jde se na to:

1. Do chromatografické vany nalij 20% ethanol do výšky asi jeden centimetr a zavři ji víkem, aby se v ní udrželo co nejvíce par ethanolu. (Nebo tento bod postupu provede učitel.)
2. Podle pravítka si nakresli na filtrační papír obdélník o výšce asi 15 cm a šířce asi 30 cm, podle toho, kolik vzorků se chystáš nanášet.
3. Obdélník vystříhni, polož na šířku a 2 cm od spodního okraje udělej tužkou slabou čáru rovnoběžnou s tímto okrajem. Na tuto čáru budeme nanášet vzorky, proto si udělej tečky tam, kam budeš vzorky nanášet. Od začátku čáry odměř 3 cm a můžeš udělat první tečku. Další tečky dělej po 2,5 cm a na konci nech zase alespoň 3 cm volné.
4. V jedné kádince nech v co nejmenším množství vody rozpustit vždy jeden až dva bonbony jedné barvy, aby barva roztoku byla co nejsytější.
5. Do dalších kádinek rozmíchej špetku potravinářského barviva modrého, žlutého a červeného.
6. Také vymačkej do další kádinky šťávu z barevného ovoce pomocí lisu na česnek.

7. Pomocí mikro-pipetek (na každý vzorek použij čistou pipetku) nakapej každý vzorek na jednu značku na předem připraveném filtračním papíře. Po každé kapce počkej, až uschne, aby skvrna nebyla moc velká.



8. Po nanesení všech vzorků uschlý papír stoč konci k sobě do válce a sepi nahoře kancelářskou sponkou.
9. Tento válec postav do chromatografické vany a zase ji zavři. POZOR! Ethanol Ti nesmí dosahovat ke startovní čáře se vzorky!



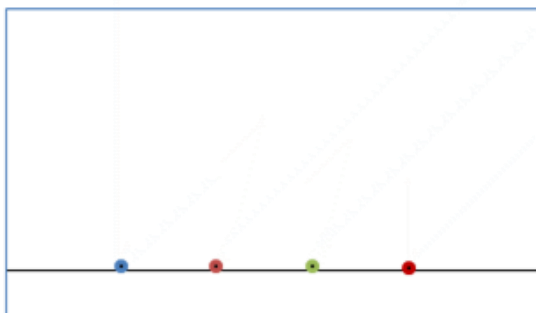
10. Nyní můžeš pozorovat, jak ethanol postupně vzlíná nahoru přes papír a unáší s sebou barevné skvrny, které se také začínají rozdělovat na jednotlivé barvy.



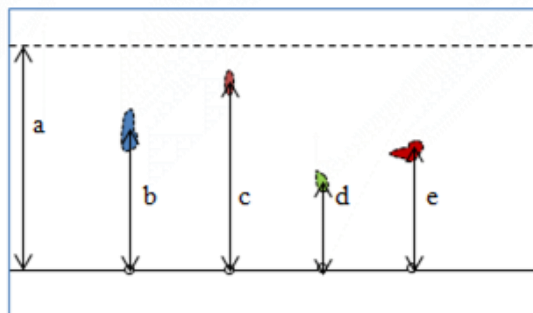
11. Až je ethanol asi jeden centimetr od konce papíru, papír vyjmi ven, polož na stůl a tužkou rychle zaznač, kam se až ethanol dostal. Pak velmi opatrně obtáhni barevné skvrny, které vidíš, a zakresli také střed každé z nich. Po uschnutí provedeme vyhodnocení, s kterým Ti pomůžu.

## Chromatogram:

Před:



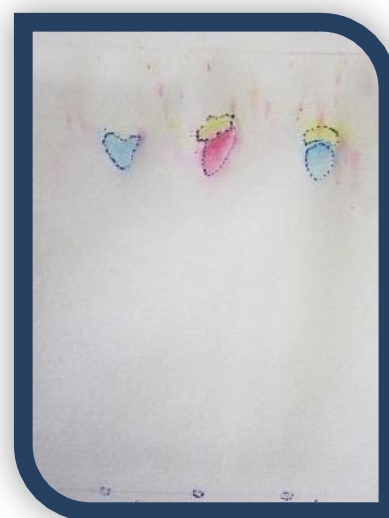
Po:



## Vyhodnocení:

- ❖ **Jak zjistit retenční faktor jednotlivých potravinářských barev, které nám slouží jako standardy?**

Nejprve se zaměříme na vzorky potravinářských barev. Zjistí retenční faktor pro modrou, červenou a žlutou tak, že změříš vzdálenost **a**, poté vzdálenost každé ze tří skvrn od startu. Pro každou barvu tak dostaneš jiný retenční faktor  $R_f = b/a$ . Na jaké barvy se jednotlivé barvy rozdělily?



- ❖ **Jak pokračovat ve vyhodnocení dál?**

Nyní se zaměříme na porovnávání skvrn z bonbonů. Například barva z fialového bonbonu by měla být nyní rozdělena na modrou, žlutou i červenou skvrnu. Červená skvrna by měla mít stejný retenční faktor, jako červená z potravinářského barviva. Stejně je to i s ostatními barvami. Nyní je už na tobě, abys to výpočtem ověřil.

- ❖ **A jak dopadly barvy v přírodních materiálech?**

Rostliny a jejich plody obsahují směsi různých barviv, jejichž složení závisí na druhu rostlin. Skvrny těchto barevných látek by se neměly shodovat s předchozími barevnými skvrnami, protože jsou to přírodní látky, ne uměle vyrobené člověkem. Tedy mají jinou strukturu a proto i jiné retenční faktory.



**Otázky a úkoly:**

- Na základě vlastních výsledků své práce v laboratoři při chromatografii proved' vyhodnocení, oddělily se některé barvy?
- Definuj pojem chromatografie a další nové pojmy s ní související (stacionární fáze, mobilní fáze, retenční faktor, čelo rozpouštědla...).
- Popiš vlastními slovy, jak chromatografie jako metoda vlastně funguje.
- Urči, kdy bude retenční faktor roven 1 a kdy 0. Může takový případ vůbec nastat?
- Za pomoci literatury nebo internetu vyhledej, k čemu se v praxi jiné druhy chromatografie používají. Je to užitečná metoda?

**A teď se ukaž:**

1. stacionární fáze při papírové chromatografii

2. název pro faktor

3. název pro chromatografii

s plynnou mobilní fází

4. co je ethanol v našem pokusu za fázi

5. čím nanášíme vzorek na filtrační papír

6. papírová chromatografie

pomáhá odhalit.....vzorku

7. nádoba na chromatografii

8. počet cm od okraje filtračního papíru, kde se rýsuje startovací čára

9. název konce rozpouštědla při průběhu chromatografie

10. jak daleko od okraje filtračního papíru se nanáší první vzorek

(..... cm)

11. název pro známý vzorek, který nanášíme pro porovnání s neznámým vzorkem

12. název pro výsledek chromatografie – chromat.....

13. moje jméno ☺

14. skvrna z fialového bonbonu se při chromatografii rozdělila na 3 barvy - modrá, červená a .....

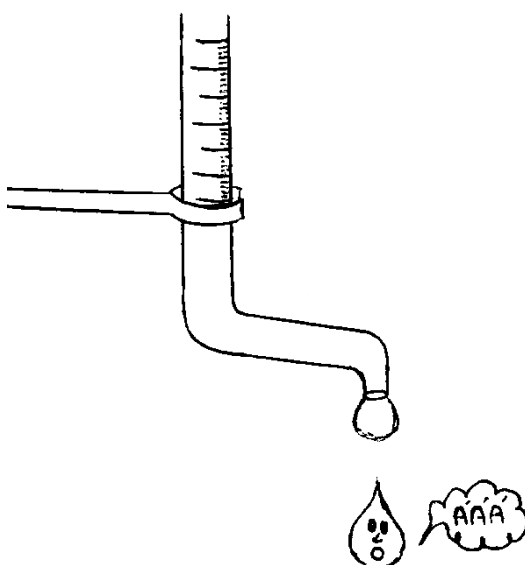
15. mobilní a stacionární .....

G	D	X	X	X	X	A	J	D	S
R	R	E	T	E	N	Č	N	Í	L
A	A	A	F	A	X	E	X	T	O
M	D	I	V	Á	T	X	Í	O	Ž
R	N	M	X	D	Z	O	N	C	E
Í	A	X	D	X	Č	E	L	O	N
P	T	A	K	T	E	P	I	P	Í
A	S	Á	T	U	L	Ž	B	O	I
P	L	Y	N	O	V	Á	O	B	Ř
Ř	C	H	E	M	Č	A	M	E	T

## Titrace

A teď se dostáváme k metodě, která má mnoho obměn a je také velice důležitou metodou. Touto metodou je titrace, neboj, za chvíli už budeš vědět, o čem je řeč. Známe čtyři typy titrací – acidobazické, komplexometrické, srážecí a redoxní. Titraci provádíme na titrační aparatuře a snažíme se pracovat co nejpřesněji, aby i naše výsledky byly přesné. Že nevíš, jak titrační aparatura vypadá? Nevadí, i na to jsem myslel. Stačí se podívat na obrázek pod tímto textem, tam to všechno najdeš. Při titraci přikapáváme z byrety odměrný roztok (jiné názvy pro odměrné roztoky jsou titrační činidlo nebo titr), u kterého známe přesnou koncentraci, do titrační baňky, kde máme stanovovanou látku a barevný indikátor. Indikátor je velmi důležitá a zajímavá látka, která změní barvu v okamžiku, kdy ses dostal do tzv. bodu ekvivalence.

Co to bod ekvivalence je? Je to přesně ten okamžik, kdy jsme dostali rovnováhu, protože látkové množství stanovované látky odpovídá látkovému množství odměrného roztoku. Přesně v tomto bodě titraci ukončíme a tvým úkolem bude přesně zaznamenat objem odměrného roztoku, který jsi z byrety přikapal. Na základě výpočtu jsme schopni zjistit množství zkoumané látky. Známe totiž látkové množství odměrného roztoku, které vypočítáme z jeho koncentrace a přesného přikapávaného objemu. Látkové množství odpovídá stanovované látce, takže buď díky její známé molární hmotnosti, můžeme vypočítat hmotnost látky v titrační baňce, nebo z přesného objemu stanovovaného roztoku v titrační baňce můžeme vypočítat jeho koncentraci. Neboj, výpočet hravě zvládneš, pomůžu ti s tím.

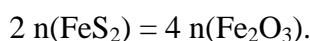




### Poměr látkových množství:

Poměr látkových množství... Tak to je velmi důležitá část, kterou Tě nyní provedu a pokusím se Ti vysvětlit. Abys mohl vypočítat látkové množství stanovované látky z látkového množství odměrného roztoku, musíš znát poměr těchto látkových množství. Ten lehce zjistíme z reakční rovnice podle stechiometrických koeficientů.

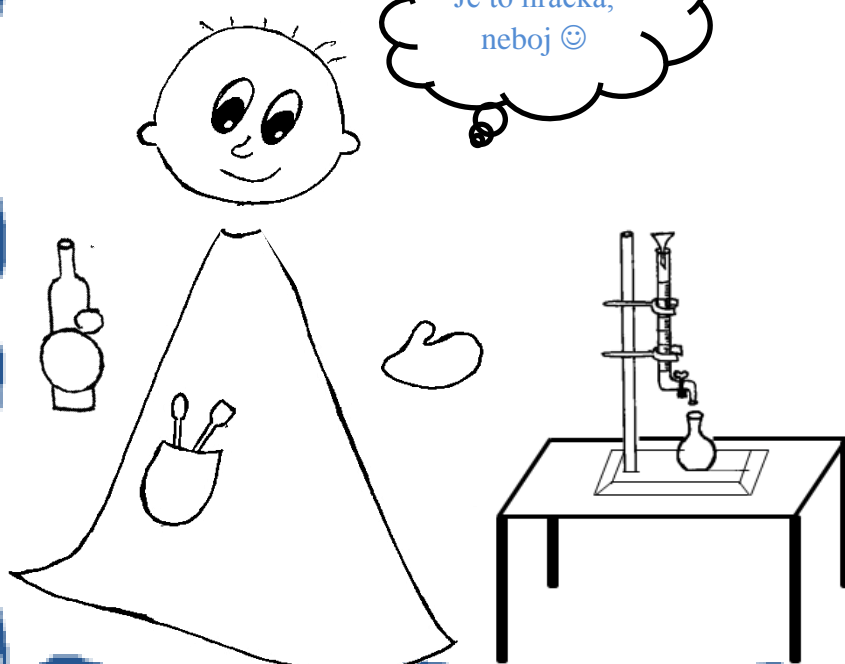
Tak například rovnice  $4 \text{FeS}_2 + 11 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 8 \text{SO}_2$  nám říká, že potřebujeme 4 moly pyritu a 11 molů kyslíku. Výsledkem reakce jsou pak 2 moly oxidu železitého a 8 molů oxidu siřičitého. V bodě ekvivalence však dochází k vyrovnání látkových množství obou reagujících látek. Abychom mohli mezi látkovým množstvím dvou látek napsat rovnost, musíme mít stejný počet molů obou látek. To dostaneme tak, že stechiometrické koeficienty u těchto dvou látek zapíšeme do rovnice s látkovým množstvím obráceně, prostě je „vyměníme“. Tak si to zkusíme na příkladu. Látková množství pyritu a kyslíku jsou v tomto vztahu:  $11 n(\text{FeS}_2) = 4 n(\text{O}_2)$ , látková množství pyritu a oxidu železitého jsou ve vztahu:



Je to stejné, jako když tvoříš matematické rovnice. Tak například: Ve třídě máš 11 chlapců a 4 děvčata a chceš mít stejný počet obou skupin. Kolikrát musíš vynásobit počet chlapců a kolikrát počet dívek, abys jich dostal stejný počet? Dobře se nad tím zamysli. Když vynásobíš počet chlapců čtyřmi a počet dívek jedenácti, dostaneš 44 chlapců i 44 dívek. A to jsme přesně chtěli.

Obecně pokud tedy máme:  $a \text{A} + b \text{B} \rightarrow c \text{C} + d \text{D}$  platí, že  $b \cdot n(\text{A}) = a \cdot n(\text{B})$ .

### Titrační aparatura:



K sestavení titrační aparatury budeš potřebovat stojan, lapák a křížovou svorku, byretu o objemu 25 ml, nálevku a titrační baňku 😊

### Otázky a úkoly:

- Vymysli co nejvíce podstatných jmen charakterizujících titraci a souvisejících s ní.
- Jak jsi porozuměl pojmu bod ekvivalence?
- Nakresli a popiš všechny části potřebné k sestavení titrační aparatury.
- Co musíš vědět o odměrném roztoku a co s ním při titraci děláme?
- Napiš poměr látkových množství v následujících rovnicích:
  1.  $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
  2.  $2 \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2$
  3.  $2\text{KMnO}_4 + 5(\text{COOH})_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{MnSO}_4 + 10\text{CO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$
  4.  $6 \text{I}^- + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ \rightarrow 3 \text{I}_2 + 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2$

### Neutralizační titrace – alkalimetrie

Prvním typem titrací jsou neutralizační titrace, které slouží ke stanovení pH nebo koncentrace kyselin a zásad za vzniku jejich solí. Když stanovujeme kyselinu, je odměrným roztokem zásada a tuto metodu nazýváme alkalimetrie. Pokud je odměrným roztokem kyselina, pak hovoříme o acidimetrii a stanovujeme zásadu.

My si spolu zkusíme alkalimetrii, takže jako odměrný roztok budeme používat hydroxid. Do kyselého roztoku s acidobazickým indikátorem v titrační baňce se přikapává hydroxid (nejčastěji NaOH, což je silný hydroxid neboli louh). Je důležité zvolit správný acidobazický indikátor, který bude mít rozmezí barevné změny při pH co nejbližším bodu ekvivalence titrace, aby naše výsledky byly co nejpřesnější.

V okamžiku, kdy se nám při přikapávání hydroxidu změní natrvalo barva stanovovaného roztoku, dosáhneme bodu ekvivalence. Stane se to, že látkové množství kyselých  $\text{H}^+$  iontů a zásaditých  $\text{OH}^-$  iontů se vyrovná, takže dosáhneme rovnováhy. Já jsem z toho úplně nadšený, co ty? Snad se ti to hraní si s barvami také líbí...



## ÚKOL: Stanovení množství kyseliny uhličité v coca-cole

**Metoda:** neutralizační titrace - alkalimetrie

**Pomůcky:** titrační aparatura, váhy, hodinové sklíčko, lžička, 100 ml a 250 ml odměrná baňka s uzávěrem, stříčka s destilovanou vodou, filtrační papír, kádinka 250 ml, titrační baňka, pipeta.

**Chemikálie a vzorky:** 1 menší láhev coca-coly, 2 g pevného NaOH, 1,2607 g dihydrátu kyseliny šťavelové -  $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , destilovaná voda, 2 ml methyloranže, 3 špetky  $\text{CaCl}_2$ , 6 špetek fenolftaleinu, miska s ledem.

### Tak a jde se na to:

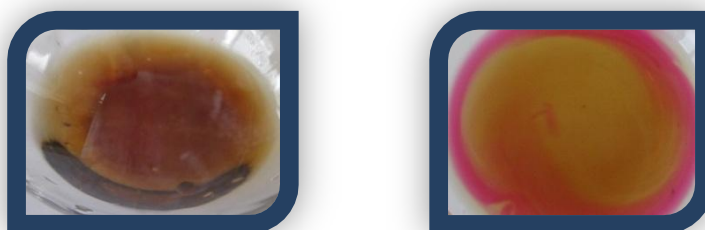
1. Sestav aparaturu pro titraci.
2. Nejprve si musíš připravit roztok NaOH, kterým budeš titrovat. Na hodinové sklíčko navaž 2 g NaOH. 250 ml odměrnou baňku postav do misky s ledem, navážené množství NaOH do ní nasyp a přilej trochu destilované vody, v níž se NaOH rozpustí. Potom doplň destilovanou vodou po rysku, uzavři a promíchej.
3. Titrovat musíš roztokem, koncentraci. To se ale protože v tomto hydroxidu uhličitánů a vážení také Proto bychom měli **standardizovat (tj. zjistit kyselinou šťavelovou, která tzv. základní látkou.** u kterého známe přesnou u roztoku NaOH říct nedá, jsou různé příměsi nemuselo být přesné. připravený roztok NaOH **jeho přesnou koncentraci** je díky své čistotě
4. Takže tě čeká připravit roztok kyseliny šťavelové. Navaž přesně 1,2607 g dihydrátu kyseliny šťavelové na hodinové sklíčko. Pomocí nálevky a stříčky převed' naváženou látku do odměrné baňky o objemu 100 ml. Rozpusť ji v destilované vodě a dolej destilovanou vodou po rysku.
5. Nalej roztok hydroxidu do byrety po rysku, do titrační baňky odpipetuj 10 ml roztoku kyseliny šťavelové, přilej asi 60 ml destilované vody a tři kapky indikátoru methyloranže a opatrně titruj.



6. Až se změní barva roztoku v titrační baňce z červené do žluto-oranžové, přidej špetku  $\text{CaCl}_2$ . Roztok znovu zčervená a ty titruj dál až do žluto-oranžové barvy. Jakmile má roztok tuto barvu, zastav titraci, zaznamenej objem hydroxidu, který jsi do titrační baňky přikapal. Potom ještě dvakrát zopakuj body 5 a 6 v tomto postupu.



7. A teď přejdeme ke stanovení kyseliny uhličitě.
8. Budeš titrovat 20 ml coca-coly, kterou odpipetuješ do titrační baňky, a přidáš k ní špetku indikátoru fenolftaleinu, který barvu roztoku nezmění.
9. Byretu doplň roztokem NaOH po rysku a titruj coca-colu v titrační baňce až do okamžiku, kdy se barva roztoku změní na růžovou a po zamíchání tato růžová nemizí. Potom zase zaznamenáme spotřebovaný objem hydroxidu v byretě.



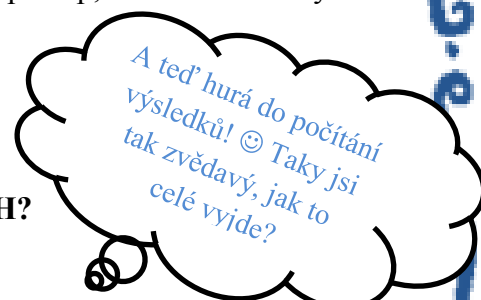
10. Zopakuj bod 8 a 9 ještě dvakrát a vždy si zaznamenej spotřebu hydroxidu v byretě.
11. Nyní převař 100 ml coca-coly a vař ji 10 minut, aby mohl uniknout oxid uhličitý. Potom nech coca-colu vychladnout.
12. S převařenou a vychlazenou coca-colou zopakuj stejný postup, to znamená body 8 a 9. A je hotovo!

#### Výpočty:

- ❖ **Jak vypočítat přesnou koncentraci roztoku NaOH?**

Potřebné údaje k výpočtu:

$M_r$  hydroxidu sodného je 40 g/mol,  $M_r$  dihydrátu kyseliny šťavelové je 126,07 g/mol.

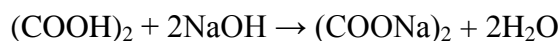


Do výpočtů budeme potřebovat objem roztoku hydroxidu sodného spotřebovaného na titraci roztoku kyseliny šťavelové, máme ale tři hodnoty ze tří titrací. Z těchto tří hodnot udělej aritmetický průměr:  $V_{\text{NaOH}} = (V_1 + V_2 + V_3)/3$ .

Ještě se ti bude hodit znát koncentraci kyseliny šťavelové, když jsme navázili 1,2607 g do 100 ml baňky. Použij vzorec  $m[\text{g}] = c[\text{mol/l}] \cdot V[\text{l}] \cdot M_r[\text{g/mol}]$ , ale musíš si ho upravit tak, abys vypočítal koncentraci:

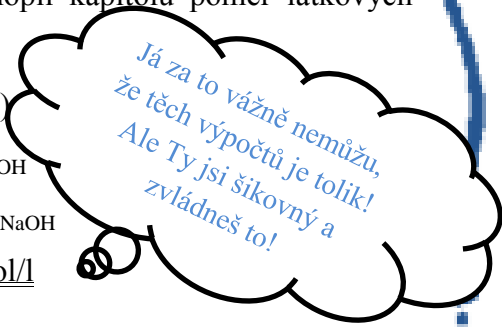
$$c = m / (V \cdot M_r)$$
$$c = 1,2607 / (0,1 \cdot 126,07)$$
$$c = 0,1 \text{ mol/l}$$

A teď už konečně máš všechno potřebné k výpočtu koncentrace hydroxidu sodného. Musíme vycházet ze stechiometricky upravené rovnice. Tak pojď, napíšeme ji:



Tak, teď se ukáže, jestli sis správně nastudoval a pochopil kapitolu poměr látkových množství. Víš, jak to bude? Věřím, že ano. Takže:

$$2 \cdot n(\text{COOH})_2 = 1 \cdot n(\text{NaOH})$$
$$2 \cdot c \cdot V = 1 \cdot c(\text{NaOH}) \cdot V_{\text{NaOH}}$$
$$2 \cdot 0,1 \cdot 0,01 = 1 \cdot c(\text{NaOH}) \cdot V_{\text{NaOH}}$$
$$c(\text{NaOH}) = \dots\dots\dots \text{mol/l}$$



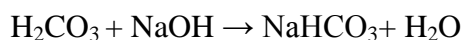
Za  $V_{\text{NaOH}}$  dosad' vypočítaný aritmetický průměr. Možná nevíš, jak jsem přišel na to, že objem kyseliny šťavelové je 0,01 l. Titroval jsi vždy 10 ml kyseliny šťavelové, to je právě 0,01 l.

❖ **Jak vypočítat množství kyseliny uhličitě v coca-cole?**

Molární hmotnost kyseliny uhličitě je 62,0 g/mol.

Ze tří titrací nepřevařené coca-coly vypočítáme zase průměrnou spotřebu aritmetickým průměrem všech tří spotřeb roztoku hydroxidu sodného. To samé uděláme i se spotřebami roztoku hydroxidu sodného na titraci prevařené coca-coly. Oba průměry od sebe odečteme a dostaneme spotřebu roztoku hydroxidu sodného na neutralizaci kyseliny uhličitě. Docela logické ne?

Nyní budeš pracovat už jen s tímto objemem. Sestavíš zase rovnici, ze které určíš poměr látkových množství, a vypočítáš hmotnost kyseliny uhličitě. Tak pojď, jdeme na to:



$$n(\text{H}_2\text{CO}_3) = n(\text{NaOH})$$

$$\frac{m}{M_r}(\text{H}_2\text{CO}_3) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

$$m(\text{H}_2\text{CO}_3) = M_r(\text{H}_2\text{CO}_3) \cdot c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

$$m(\text{H}_2\text{CO}_3) = 62,0 \cdot c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

$$\underline{m(\text{H}_2\text{CO}_3) = \dots\dots\dots \text{ g} / 20 \text{ ml coca-coly}}$$

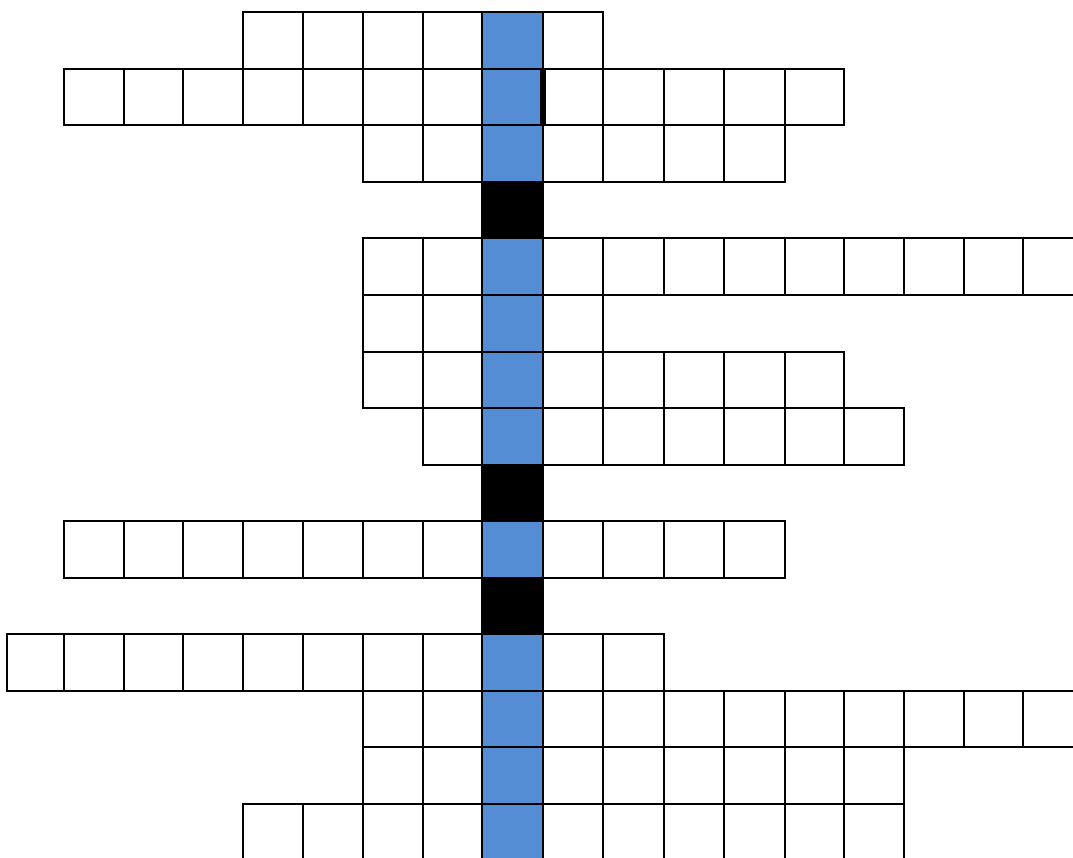
K získání hledaného výsledku doplň za  $c(\text{NaOH})$  vypočítanou přesnou koncentraci roztoku hydroxidu sodného a za  $V(\text{NaOH})$  doplň rozdíl spotřeb při titraci převařené a nepřevařené coca-coly. Výsledné množství je ale pouze pro těch 20 ml, které jsi na každou titraci odpipetoval do titrační baňky. Zkus přepočítat, jaké množství kyseliny uhličitě je v jedné lahvi coca-coly, která má objem 250 ml.

$$\text{Konečný výsledek: } \underline{m(\text{H}_2\text{CO}_3) = \dots\dots\dots \text{ g} / 250 \text{ ml}}$$

**Otázky a úkoly:**

- **Definuj pojem neutralizační titrace a její rozdělení.**
- **Popiš, jak zjistíš, že jsi před bodem ekvivalence, v bodě ekvivalence a za bodem ekvivalence.**
- **Jak rozumíš procesu, který nastává v bodě ekvivalence?**
- **S pomocí literatury a internetu si připomeň pojem pH a vlastními slovy vysvětli, jak tomu rozumíš.**
- **Shrň provedenou alkalimetrii coca-coly a vyvod' závěry.**

Něco za odměnu:



1. Jaká barva je barvou titrované coca-coly do bodu ekvivalence za použití indikátoru fenolftaleinu?
2. Jak se jmenuje laboratorní nádoba, do níž při titraci dáváme roztok, který chceme titrovat?
3. Jak se nazývá roztok, jehož známe přesnou koncentraci a titrujeme jím?
4. Jak se nazývá metoda, kdy je titračním činidlem zásada?
5. Jak se jinak nazývá hydroxid?
6. Jak se nazývá chemická látka, která se kromě kyseliny může použít jako titrační činidlo v neutralizačních titracích?
7. V metodě acidimetrie se používá jako titrační činidlo...
8. Jaký druh indikátoru musíme na neutralizační titrace použít?
9. Jak se nazývá bod, kterého v neutralizačních titracích chceme dosáhnout?
10. Jak se nazývá reakce, kdy spolu reaguje kyselina se zásadou za vzniku soli a vody?
11. Jak se obecně nazývá látka, která nám pomáhá barevně určit bod ekvivalence?
12. Při standardizace hydroxidu sodného používáme jaký indikátor?



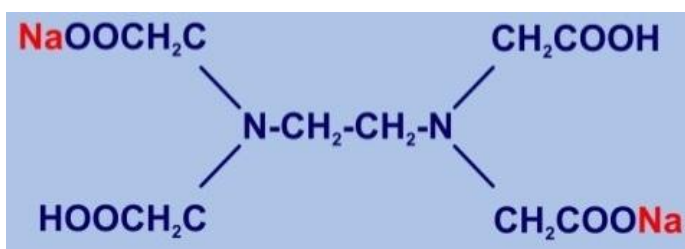
## Komplexometrické titrace – chelatometrie

A máme tu komplexometrické titrace! Jsou dalším druhem titrací a využívají tvorby komplexních sloučenin. O komplexních sloučeninách jsi už určitě slyšel, tak jen pro připomenutí: Jsou to většinou krásně barevné sloučeniny, které obsahují donor-akceptorovou vazbu (jeden atom poskytl elektronový pár a druhý volný orbital).

Ke stanovované látce v titrační baňce zase přidáme malé množství indikátoru, tentokrát však komplexometrického, který funguje tak, že s částí stanovované látky vytvoří slabý komplex nějaké barvy, která je odlišná od barvy samotného volného indikátoru.

Teď se pořádně soustřed', ať to pochopíš. Když přikapáváme odměrný roztok, vytváří se komplex stanovované látky a odměrného činidla. Když už je všechna volná stanovovaná látka v komplexu s odměrným roztokem, začne si odměrný roztok „brát“ stanovovanou látku i ze slabšího komplexu, který s ní už tvoří indikátor. V okamžiku, kdy všechna stanovovaná látka už zreagovala s odměrným činidlem a byla vyvázána i z indikátoru, zůstal indikátor volný a změnil zbarvení z barvy komplexu na barvu samotného indikátoru. A to je právě bod ekvivalence!

Ty si vyzkoušíš metodu zvanou chelatometrie; je to druh komplexometrických titrací, kdy se jako odměrné činidlo používá roztok chelatonu III a jedním ze známých indikátorů je murexid. Chelaton III je disodná sůl kyseliny ethylendiaminotetraoctové (zkratka této kyseliny je EDTA). Tento odměrný roztok se používá na titraci iontů v oxidačním stavu  $2^+$ ,  $3^+$  a  $4^+$  a vždy reaguje v poměru látkových množství 1:1. Chelaton III se označuje jako  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$  a jeho vzorec je:





## ÚKOL: Stanovení vápníku v mléčných výrobcích

**Metoda:** Komplexometrická titrace - chelatometrie

**Pomůcky:** titrační aparatura, váhy, hodinové sklíčko, lžička, 250 ml odměrná baňka s uzávěrem, stříčka s destilovanou vodou, titrační baňka, pipeta, kádinka a 25 ml odměrná baňka na každý vzorek.

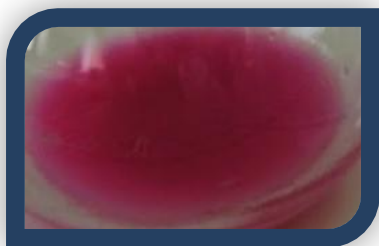
**Chemikálie a vzorky:** 5 g chelatonu III, 3 lžičky murexidu, 2M roztok NaOH- na každou titraci 5 ml, destilovaná voda, jogurt, tavený sýr, pomazánkové máslo, 50 ml trvanlivého mléka, čerstvého mléka...



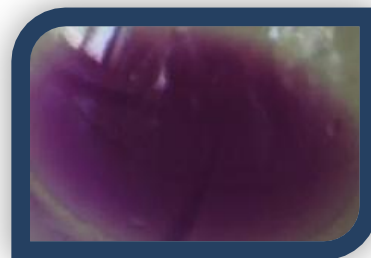
### Tak a jde se na to:

1. Sestav aparaturu pro titraci.
2. Přesně navaž na hodinové sklíčko vypočítané množství chelatonu III.
3. Navážku chelatonu III opatrně přesyp přes nálevku do odměrné baňky, uzavři zátkou a třepej tak dlouho, než se chelaton III rozpustí.
4. Potom doplň destilovanou vodou po rysku na odměrné baňce.
5. Do byrety v sestavené aparatuře, u které jsi zavřel kohout, nalej pomocí nálevky až přesně po rysku připravený roztok chelatonu III.
6. Na hodinové sklíčko odvaž 10 g jogurtu, taveného sýru, pomazánkového másla nebo do kádinky odvaž 10 g mléka (tučné, polotučné, odstředěné, čerstvé...).
7. Naváženou potravinu kromě mléka rozpust' v malém množství destilované vody.
8. Daný roztok nebo mléko nalej do odměrné baňky s objemem 25 ml a doplň po rysku destilovanou vodou.
9. Do titrační baňky odpipetuj 10 ml roztoku z první odměrné baňky, přidej 5 ml roztoku NaOH, a větší špetku murexidu a dobře zamíchej. Pokud jsi pracoval správně, získal jsi krásně růžový roztok.
10. Titruj tento růžový roztok pomocí chelatonu III v byretě, až se celý zbarví do fialova.
11. V tomto okamžiku se podívej a zapiš si přesný objem roztoku v byretě, který jsi do titrační baňky přidal.
12. Se stejným vzorkem zopakuj body 9-11 ještě jednou. Z těchto dvou získaných objemů vypočítej aritmetický průměr a dostaneš potřebný objem do výpočtu.
13. Stejně proved' titrace i ostatních vzorků.

Před titrací:



Po titraci:

**Výpočty:**❖ **Jak vypočítat hmotnost chelatonu III?**

Potřebné údaje k výpočtu:

$M_r$  chelatonu III je 372,2 g/mol, roztoku budeš potřebovat 250 ml o koncentraci 0,05 mol/l.

Vzoreček pro výpočet hmotnosti je  $m[\text{g}] = c[\text{mol/l}] \cdot V[\text{l}] \cdot M_r[\text{g/mol}]$ .

$$m = c \cdot V \cdot M_r$$

$$m = 0,05 \cdot 0,25 \cdot 372,2$$

$$\underline{m = 4,653 \text{ g}}$$

❖ **Jak vypočítat hmotnost  $\text{Ca}^{2+}$  v 10 g mléčného produktu?**

K získání hledaného výsledku budeš potřebovat znát průměrnou spotřebu roztoku chelatonu III pro daný produkt ze dvou titrací. Koncentrace roztoku chelatonu III je 0,05 mol/l, pokud jsi dobře vážil.  $A_r$  vápníku je 40,1 g/mol. Protože při chelatometrii jsou látková množství chelatonu III a  $\text{Ca}^{2+}$  v poměru 1:1, můžeme zapsat, že  $n(\text{Ca}^{2+}) = n(\text{chelaton III})$ . Látkové množství můžeš vypočítat jako  $n = m/A_r$  nebo  $n = c \cdot V$ . A když vycházíš z těchto vzorečků, nebude už těžké sestavit rovnici a podle ní vypočítat obsah vápenatých kationtů.

$$n(\text{Ca}^{2+}) = n(\text{chelaton III})$$

$$\frac{m(\text{Ca}^{2+})}{A_r} = c(\text{ch.III}) \cdot V(\text{ch.III})$$

$$m(\text{Ca}^{2+}) = 40,1 \cdot 0,05 \cdot V(\text{ch.III})$$

$$m(\text{Ca}^{2+}) = \quad \text{g} = \quad \text{mg}$$

Právě jsi zjistil, kolik mg vápníku bylo v titrovaných 10 ml roztoku, ale když chceš zjistit, kolik mg vápníku bylo v celých 10 g mléčného produktu, musíš výsledek zvětšit  $\frac{25}{10}$  krát, protože z objemu 25 ml jsi odebral pouze 10 ml, takže v celé odměrné baňce je 2,5 krát větší množství vápenatých kationtů.

Konečný výsledek:  $\underline{m(\text{Ca}^{2+}) = \quad \text{mg/10 g}}$

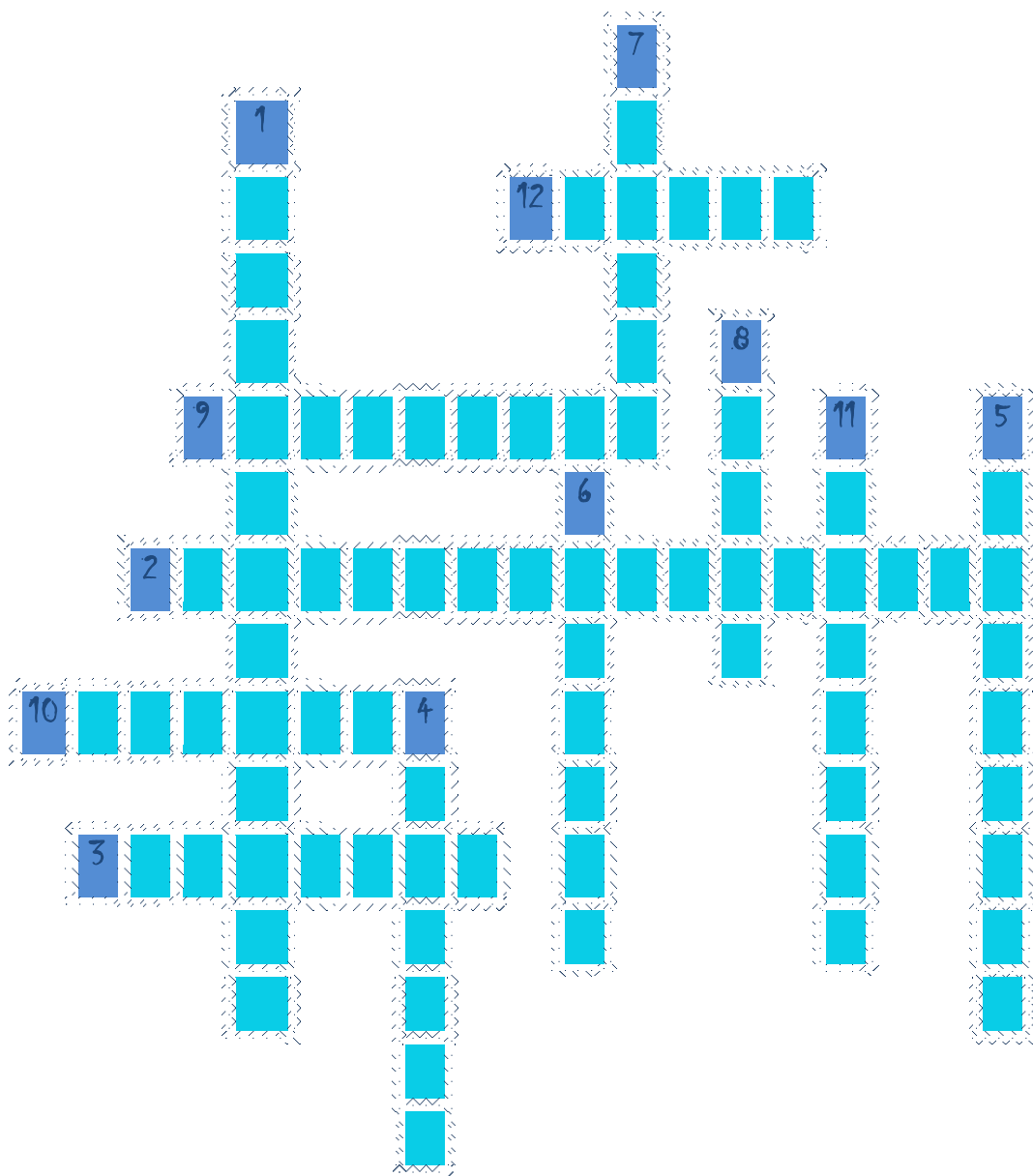
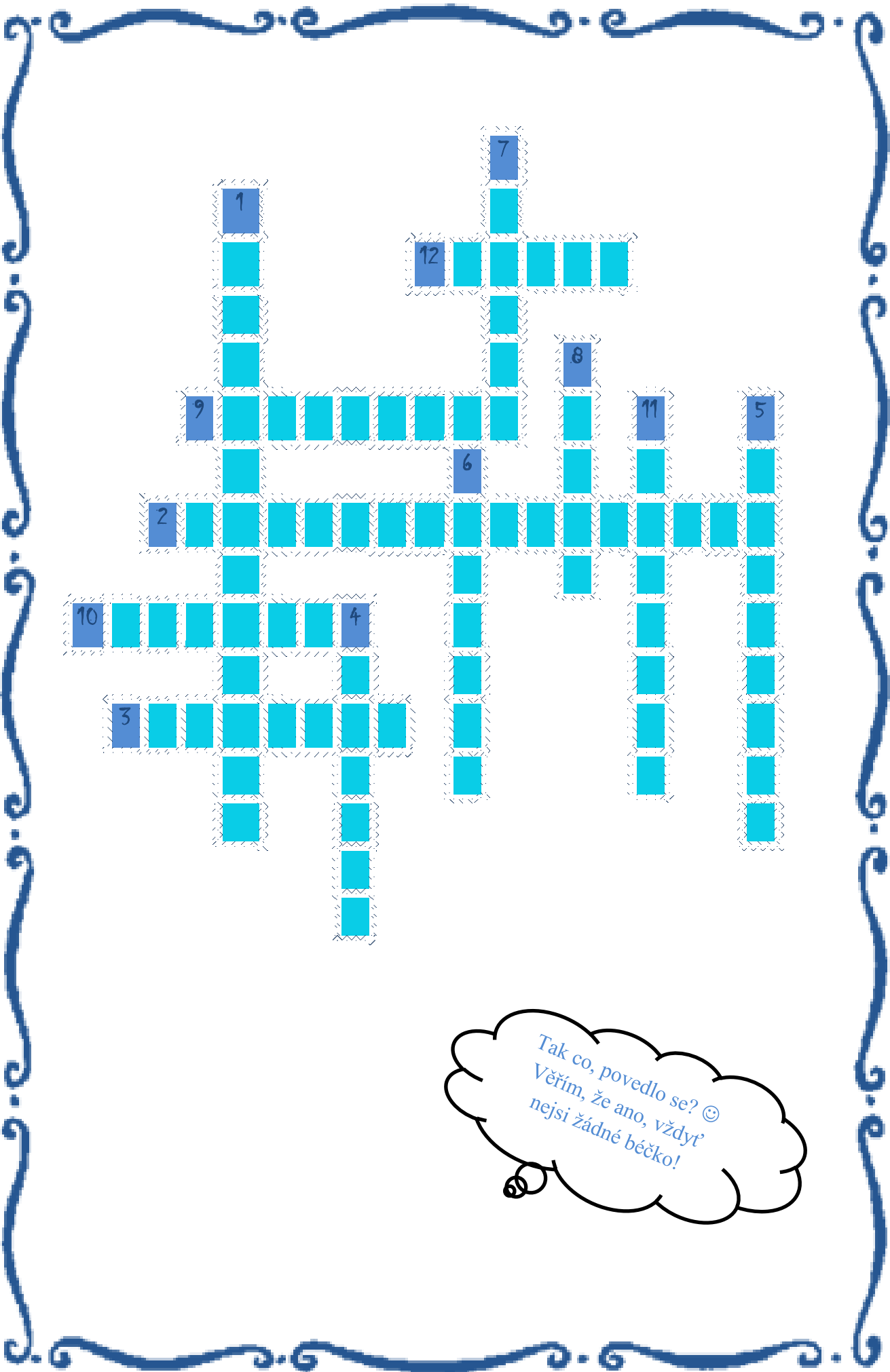
Když tento výpočet provedeš pro každý titrovaný mléčný produkt, budeš moci porovnat obsah  $\text{Ca}^{2+}$ . Tak s chutí do toho, ať se ti dobře počítá! Jen ti napovím, že hodnoty by měly vycházet kolem 10-20 mg vápníku/ 10 g produktu.

#### Otázky a úkoly:

- **Definuj pojem komplexometrická titrace a chelatometrie.**
- **Vysvětli, jak se liší komplexometrická titrace od titrace neutralizační.**
- **Jak rozumíš změně barvy indikátoru při dosažení bodu ekvivalence?**
- **S pomocí literatury uveď další prvky, které se dají pomocí chelatometrie stanovit, a také praktické příklady využití chelatometrie.**
- **Zhodnot' výsledky svého vlastního pozorování prováděných chelatometrických titrací.**

#### A tady je něco pro tebe:

1. **Název metody, kterou sis v tomto laboratorním cvičení vyzkoušel.**
2. **Obecný název pro titrační metodu, která vychází z tvorby barevných sloučenin s donor-akceptorovou vazbou.**
3. **Indikátor, který jsi v laboratoři použil.**
4. **Chemické nádobí, kterým se odměřuje přesný objem.**
5. **Jaké kationty jsi pomocí chelatometrie stanovil?**
6. **Od které jednoduché organické kyseliny je odvozen chelaton III?**
7. **Jak se nazývá prvek v komplexu, který poskytuje celý elektronový pár?**
8. **Zkratka kyseliny ethylendiaminotetraoctové.**
9. **Jak se nazývá prvek v komplexu, který má volný celý orbital?**
10. **Nejdůležitější součást titrační aparatury.**
11. **Jakou barvu měl roztok v bodě ekvivalence při chelatometrii?**
12. **Jaký další prvek obsahuje chelaton III kromě dusíku, uhlíku, kyslíku a vodíku?**



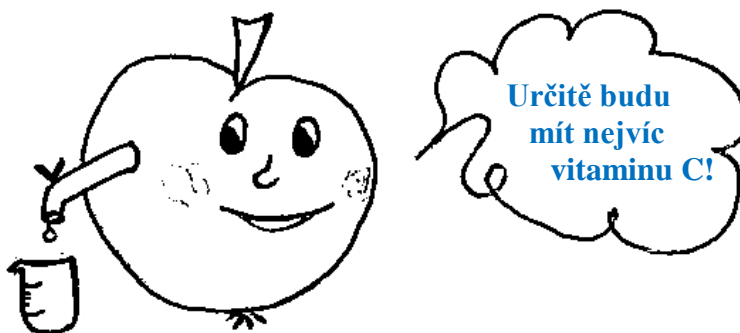
Tak co, povedlo se? ☺  
Věřím, že ano, vždyť  
nejsi žádné béčko!

## Redoxní titrace – jodometrie

Posledním pokusem a zároveň metodou, se kterou tě seznámím, jsou redoxní titrace. Tento druh titrací je založen na redoxních reakcích – oxidaci a redukci. Pamatuješ si ještě, co to je za děje? Radši si je pořádně připomeň. Tyto dva děje vždy probíhají současně. Titračním činidlem (= odměrným roztokem) je roztok nějakého oxidačního či redukčního činidla, podle toho také rozdělujeme redoxní titrace na oxidimetrii (odměrným roztokem je oxidační činidlo) a na reduktometrii (odměrným roztokem je redukční činidlo).

Ke zjištění bodu ekvivalence používáme redoxní indikátory (například škrob v jodometrii) nebo bod ekvivalence můžeme zjistit pomocí odměrného činidla bez indikátoru (například odměrný roztok manganistanu draselného je fialovo-růžový, při přikapávání se odbarvuje, protože oxiduje roztok v titrační baňce, sám se redukuje a ztrácí svou barvu. Roztok v titrační baňce tedy zůstává čirý, ale v bodě ekvivalence roztok zružoví, protože manganistan draselný už nemá co oxidovat, neredukuje se a jeho barva zůstává). Je to zajímavé, že?

Jodometrie je speciální metoda těchto titrací, jako odměrný roztok se používá roztok jodu. Jod se může redukovat na jodid, je proto oxidačním činidlem pro některé látky a sám se redukuje. Z toho důvodu je jodometrie metodou oxidimetrie, protože titrujeme oxidačním činidlem. Indikátorem je škrob, protože jod se škrobem tvoří temně modrou barvu. Ovšem s jodidem škrob nereaguje. Proto do stanované látky přidáme škrob a přikapáváme jod. Jod se redukuje, a proto modré zbarvení mizí. V okamžiku, kdy už je ale všechno zoxidované, tak se jod přestává redukovat. To je právě ten okamžik bodu ekvivalence, kdy se roztok zbarví temně modře, protože jod se už nezměnil na jodid. Schválně to pojd' vyzkoušet, ať víš, o čem mluvím.



## ÚKOL: Stanovení vitamínu C v ovoci a zelenině

**Metoda:** Redoxní titrace - jodometrie

**Pomůcky:** titrační aparatura, váhy, hodinové sklíčko, lžička, strička s destilovanou vodou, titrační baňka, pipeta, 25 ml kádinka na každý vzorek, 50 ml kádinka na roztok jodu, odměrné baňky o objemu 50 ml, 75 ml, 100 ml a 125 ml na každý standard s vitamínem C, třecí miska s tloučkem, lis na česnek.

**Chemikálie a vzorky:** celaskon s 250 mg vitamínu C v jedné tabletě, 100 ml roztoku jodu o koncentraci 0,05 mol/l, asi 20 ml 1% roztoku škrobu, 20 ml kyseliny octové o koncentraci 6 mol/l, různé druhy ovocné šťávy po 20 ml – z cibule, papriky, citronu, jablka, džus...

### Tak a jde se na to:

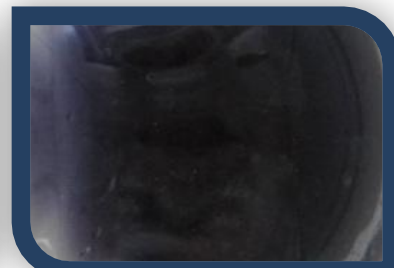
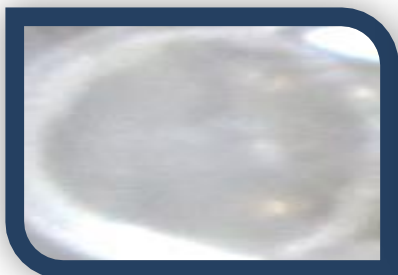
1. Sestav aparaturu pro titraci.
2. Do každé odměrné baňky o objemu 50 ml, 75 ml, 100 ml a 125 ml nasyp dobře rozdrcenou tabletu celaskonu a doplň destilovanou vodou po rysku. S uzavřenou odměrnou baňkou třepej do té doby, než se celaskon úplně rozpustí.
3. Do titrační baňky odpipetuj 10 ml tohoto roztoku z 50 ml odměrné baňky, přidej 1 ml kyseliny octové o koncentraci 6 mol/l a 1,5 ml roztoku škrobu.
4. Do byrety nalej roztok jodu po rysku a začni titrovat. Titruj až do té doby, než se roztok zbarví do tmavě modré a po zamíchání a 15 s stání se neodbarví. Potom si zaznamenej spotřebu jodu.
5. Titraci s novým roztokem z 50 ml odměrné baňky proved' ještě jednou (zopakuj body 3, 4) a potom proved' další dvě titrace s dalším standardem ze 75 ml baňky, potom ze 100 ml baňky a nakonec ze 125 ml baňky. Takže jsi provedl 8 titrací a máš zapsaných 8 spotřeb roztoku jodu.
6. A nyní přejdeme ke stanovení obsahu vitamínu C v jednotlivých vzorcích. Pomocí lisu na česnek vymačkej do 25 ml kádinky šťávu z ovoce tak, abys jí měl alespoň 20 ml.
7. S každým vzorkem proved' dvě titrace, a to stejným způsobem, jako jsi titroval standardy. To znamená, že doliješ roztok jodu do byrety po rysku, do titrační baňky odpipetuješ 10 ml vzorku, přidáš 1 ml kyseliny octové, 1,5 ml roztoku škrobu a budeš titrovat do tmavě modré barvy, která se neodbarví. Titruj pomalu a opatrně, protože



vitamínu C tam nebude moc, a proto i roztoku jodu bude stačit přidat pár kapek.

Výsledky ke každému vzorku zprůměruj, počítat budeš s tímto průměrem.

Zde je průběh titrace před, během a po ztitrování:



### Výpočty:

#### ❖ Jak vypočítat hmotnostní koncentraci standardů?

Standardy jsme měli 4, vždy jsme dali jednu tabletu, to znamená 250 mg vitamínu C, a přidali jsme destilovanou vodu – jednou 50 ml, pak 75 ml, 100 ml a 125 ml. Takže máme standardy o koncentracích 250 mg/50 ml, 250 mg/75 ml, 250 mg/100 ml a 250 mg/125 ml. Protože jsme pipetovali vždy 10 ml, tak bychom potřebovali znát hmotnostní koncentraci každého standardu na 10 ml. Ale jak na to? Co takhle kdybys to zkusil přes obyčejnou trojčlenku? Ukáži ti první výpočet a pro ty ostatní to už zvládneš sám:

$$\begin{array}{r} 250 \text{ mg} \dots\dots\dots 50 \text{ ml} \\ x \text{ mg} \dots\dots\dots 10 \text{ ml} \\ \hline \end{array}$$

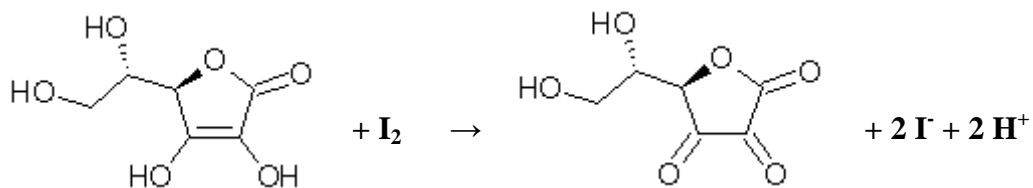
$$x = 10/50 \cdot 250$$

$$\underline{x = 50 \text{ mg}}$$

Takže v prvním standardu máme hmotnostní koncentraci 50 mg/10 ml. Ostatní jsou na Tobě.

#### ❖ Jak vyhodnotit výsledky dál?

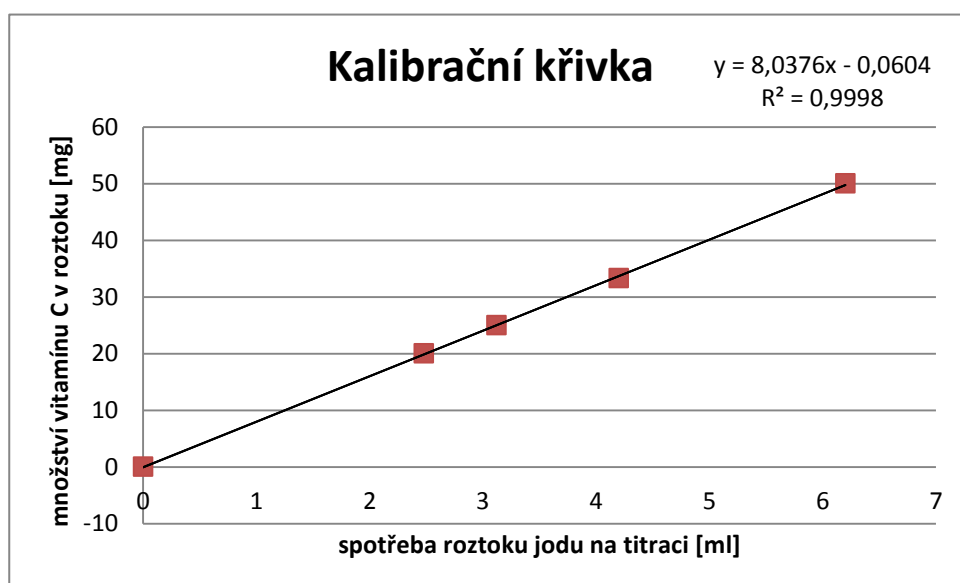
Nejprve ti vysvětlím, jak je možné, že takto vůbec můžeme postupovat. Vitamin C (= kyselina askorbová) má redukční účinky, takže se sama oxiduje. Když k ní přikapáváme jod, tak ho redukuje, proto jod není na začátku titrace v titrační baňce, ale je tam jodid. Ten se škrobem nereaguje. V bodě ekvivalence dojde k tomu, že už je všechen vitamin C zoxidovaný a další kapku jodu už nemůže redukovat. Proto se jod objeví v titrační baňce a reaguje se škrobem tmavě modře. Reakce probíhá v poměru látkových množství 1:1, o tom se můžeš hned přesvědčit. Vzorec vitamínu C i s probíhající reakcí je pro Tvoji představu zde:



Nejprve si vypočítej průměr ze dvou hodnot spotřeb roztoku jodu, které ti vyšly pro titraci každého standardu. Dále už počítej jen s těmito průměrnými hodnotami:  $V = (V_1 + V_2)/2$ .

Další část vyhodnocení budeš muset udělat u počítače. Budeš muset udělat graf, který bude vypadat asi takto:

Množství vitamínu C [mg]	Spotřeba jodu [ml]
20	2,48
25	3,12
33,3	4,2
50	6,2



Jak na to? Udělej si tabulku, ke které utvoř bodový graf. Důležité je, abys potom našel ikonku spojnice trendu, vybral lineární spojnici a zatrhl zobrazit rovnici. S touto rovnicí budeme dál počítat a kvůli ní děláme celý graf.



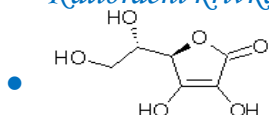
Nyní v získané rovnici (v mém příkladu je to  $\underline{y} = 8,0376x - 0,0604$ ) vždy doplníš místo  $x$  průměrnou spotřebu jodu pro počítaný vzorek a vyjde ti  $\underline{y}$ . A to je přesně to, co hledáš, je to množství vitamínu C ve vzorku. Není to tak těžké, jak se zdá, že? Tak přeji hodně štěstí a trpělivosti.

#### Otázky a úkoly:

- Definuj pojmy oxidační činidlo a redukční činidlo. Kdy mluvíme o oxidimetrii a kdy o reduktometrii?
- Popiš vlastními slovy, jak redoxní titrace probíhá.
- Jak rozumíš tomu, co se odehrává v bodě ekvivalence při jodometrii s indikátorem škrobem?
- Vyhledej další typ redoxní titrace a popiš jeho princip a indikátory, které se pro tyto titrace používají.
- Prezentuj a zdůvodni své výsledky stanovení vitamínu C ve svých zkoumaných vzorkách.

#### Schválně, dokážeš to správně přiřadit?

- Oxidační činidlo
- Redukční činidlo
- Jod
- Manganistan draselný
- Oxidace
- Redukce
- Reduktometrie
- Oxidimetrie
- Kalibrační křivka
- Manganistan draselný, jod
- Titrační metoda, kdy titrujeme redukčním činidlem
- Vitamín C
- Děj, při kterém látka odevzdává elektrony
- Roztoky standardů
- Děj, při kterém látka přijímá elektrony
- Jodid draselný
- Titrační metoda, kdy titrujeme redukčním činidlo
- Určení bodu ekvivalence bez indikátoru
- Škrob



## Bonus:

Za to, jak jsi krásně pracoval a objevoval krásy chemie, pro tebe mám odměnu. Máš tu ještě jeden pokus! Co takhle si vyzkoušet kvalitativní analytickou chemii přímo doma? I ty můžeš ověřit, jestli v salámu, který sis koupil, je škrob a tedy i mouka, nebo jestli je to opravdu z masa. Je to jednoduché, stačí si z lékárníčky vzít jodovou tinkturu a pokapat salám. Pokud to místo zmodrá, máš důkaz, že v salámu škrob je. Jod, který je v jodové tinktuře obsažen, se škrobem totiž reaguje za modrého zbarvení. Co myslíš, ve kterém salámu je škrobu nejvíce? Schválně to zkus!

### ÚKOL: Důkaz škrobu v uzeninách

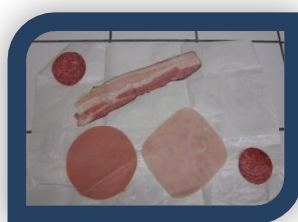
**Metoda:** Důkaz škrobu specifickou reakcí s jodem

**Pomůcky:** kapátko, kádinka 10 ml, větší hodinové sklíčko pro každý vzorek.

**Chemikálie a vzorky:** 5 ml Lugolova roztoku jodu, různé druhy uzenin a salámů.

#### Tak a jde se na to:

1. Na hodinové sklíčko polož vždy jeden kousek uzeniny.
2. Odlej si trochu Lugolova roztoku do kádinky.
3. Pomocí kapátka nanes na uzeninu (pokud je to možné, tak na čerstvý řez) kapku tohoto roztoku a pozoruj, zda proběhne barevná reakce.



#### Vyhodnocení:

##### ❖ Co jsi vlastně dokázal?

Lugolův roztok je roztok jodu, který reaguje s polysacharidy. Polysacharid obsahuje víc sacharidů, které jsou spolu vázány do řetězce. Roztok jodu reaguje s polysacharidy právě díky dlouhému řetězci, proto jodem nemůžeme dokázat například glukózu. Jediný polysacharid, který reaguje s jodem modrofialově, je škrob.

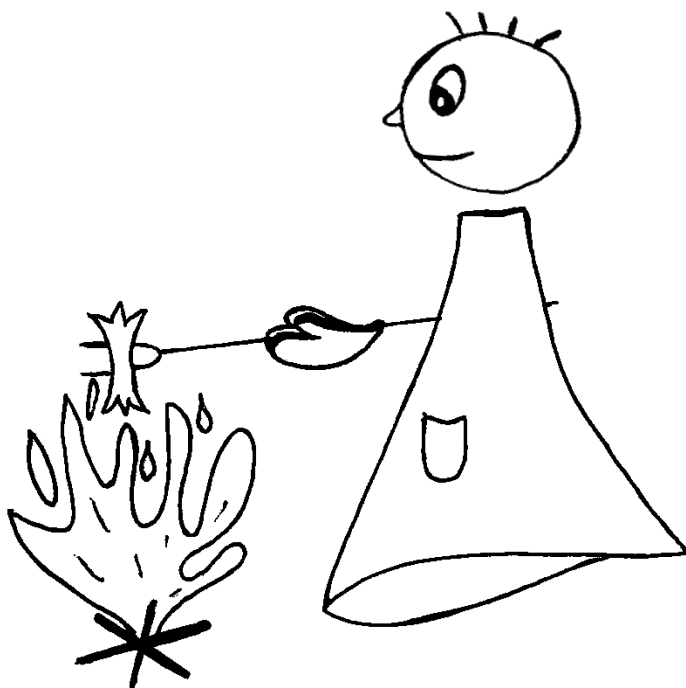
Čím tmavší barva ti vznikla, tím je v uzenině přítomno více škrobu a tedy méně masa. Touto metodou můžeš pouze prokázat přítomnost škrobu, ne však určit jeho množství. V závěru důkazu můžeme seřadit uzeniny podle síly zbarvení a určit, která uzenina má z našich vzorků nejméně společného s masem.

❖ Zde jsou obrázky dokazující, ve kterém salámu je nejvíce škrobu:

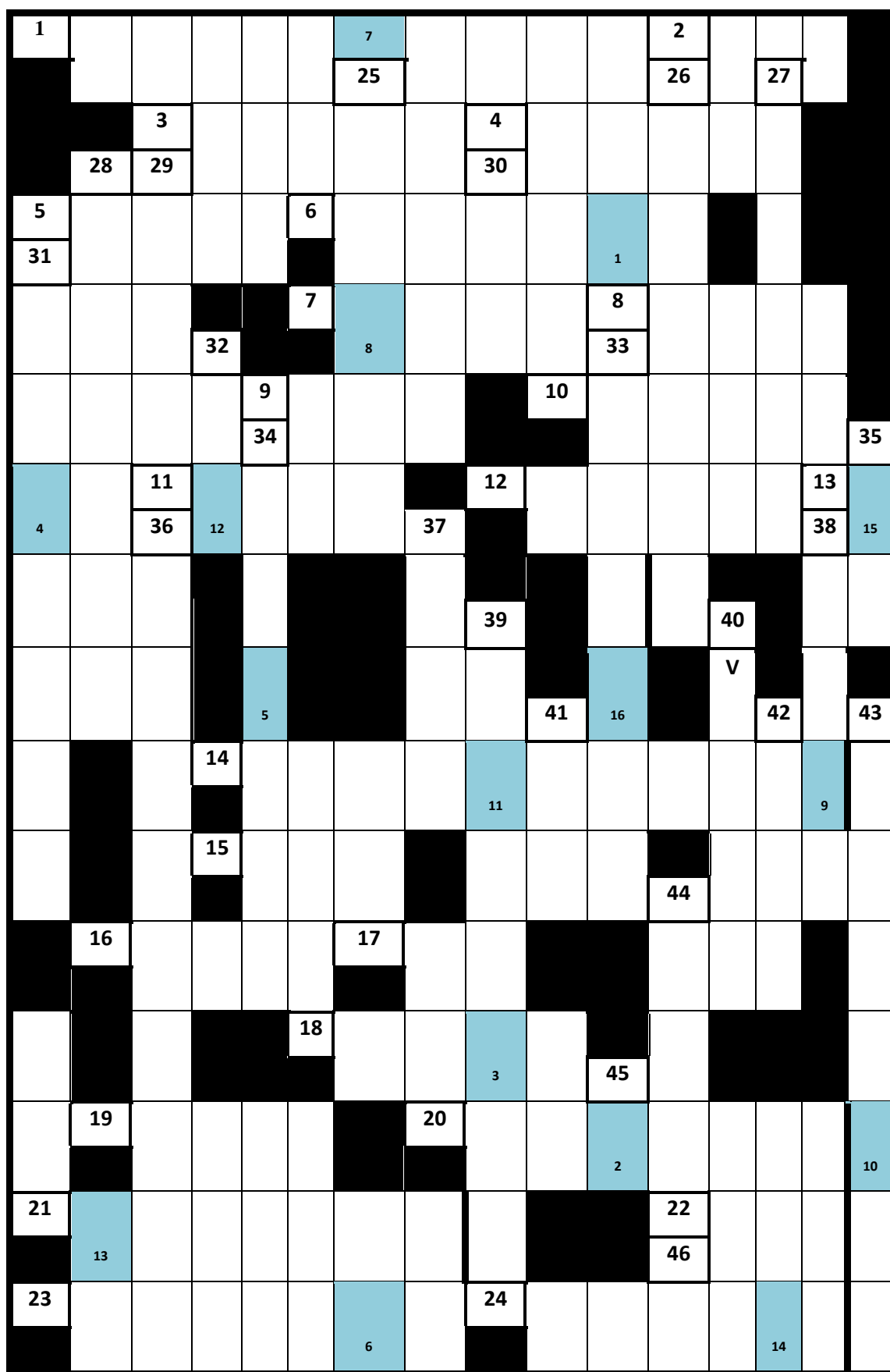


Otázky a úkoly:

- Definuj pojem kvalitativní analytická chemie.
- Proč reaguje s některými uzeninami jod modře a s některými ne?
- Jak rozumíš principu této provedené chemické reakce?
- Za použití různých vhodných zdrojů vyhledej alespoň dalších 5 příkladů specifických reakcí kvalitativní chemie. Jaké prvky takto můžeš dokázat?
- Shrň své výsledky tohoto laboratorního cvičení.



Závěrečné opakování - Schválně všem ukaž, co ses naučil ☺



### Tajenka:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----

1. Titrační metoda, kde se jako odměrný roztok používá roztok jodu
2. Počet hlavních skupin v periodické tabulce
3. Indikátor pro jod - reagují spolu modře
4. Barevná zelenina, ve které jsme stanovovali vitamín C
5. Jiný název pro hydroxid
6. Nejdůležitější část titrační aparatury
7. Jednotka veličiny energie
8. Předmět na utírání laboratorního stolu
9. Skupenství vody
10. Na co nanášíme vzorky v nejjednodušší chromatografii?
11. Základní jednotka hmotnosti
12. Chemický prvek ze skupiny 2. B
13. Chemická značka uhlíku
14. Co je důležité znát přesně u odměrného roztoku?
15. Prvek ze skupiny 4. A
16. Kapalina v těle obsahující hemoglobin
17. Značka prvku obsaženého v mléce a sýru
18. Zkratka kyseliny, od které je odvozen chelaton III
19. Titrační činidlo jinak
20. Děj, při kterém se přijímají elektrony, a zmenšuje se oxidační číslo
21. Při zjištění poměru látkových množství vycházíme z chemické...
22. Jeden z možných odměrných roztoků při redoxních titracích
23. Jeden z druhů titrací
24. Část titrační aparatury
25. Co zjišťujeme při samotné titraci u odměrného roztoku?
26. Jak se jmenují hořáky v laboratoři?
27. Nejlehčí chemický prvek
28. Pomůcka pro nabírání práškovité látky na váhu
29. Jednotka odporu
30. Chemická značka prvku ležícího v periodické tabulce pod železem?
31. Jak se jmenuje indikátor, který používáme při chelatometrii?
32. Značka jednotky, ve které nejčastěji v laboratoři vážíme
33. Chemické nádobí, které používáme k přesnému odměření objemu
34. Co probíhá při přikapávání odměrného roztoku do titrační baňky? Chemická...
35. Chemická značka mědi
36. Co obecně používáme ke zjištění bodu ekvivalence?
37. Přístroj v laboratoři, kde je velmi vysoká teplota
38. Slabá kyselina, kterou máte určitě doma
39. Odměrný roztok při chelatometrii
40. Nádoba pro chromatografii
41. Chemická značka sodíku
42. První lanthanoid v tabulce
43. Jak se nazývá sloučenina s donor-akceptorovou vazbou?
44. Analytická chemie například zkoumá, jestli v látce není nějaký...
45. Chemická značka jodu
46. Chemická značka kyslík

## Slovníček základních pojmů:

### *Chromatografie*

*Stacionární fáze* - látka, která je v systému nepohyblivá, a my na ni můžeme nanést vzorek.

*Mobilní fáze* - část systému, která se pohybuje po pevné fázi a unáší s sebou složky zkoumaného vzorku, které jsou nanesené na pevnou fázi.

*Retenční faktor* - poměr  $R_f = b/a$ . Vzdálenost start-střed skvrny =  $b$ , vzdálenost start - čelo rozpouštědla =  $a$ .

*Chromatogram* - zakreslený výsledek chromatografie.

### *Titrace*

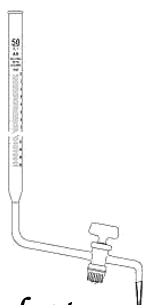
*Titrovaný roztok* - roztok v titrační baňce, ve kterém stanovujeme určitou látku, přidáme do něj indikátor a přikapáváme roztok z byrety!

*Odměrný roztok, titrační činidlo, titr* - všechny tyto názvy jsou názvy pro roztok, který dáváme do byrety a známe jeho přesnou koncentraci!

*Bod ekvivalence* - bod, ve kterém jsme dosáhli rovnováhy látkových množství chemických látek, které spolu reagují. Změní se barva, končíme titraci a zaznamenáme spotřebu titru.

*Indikátor* - důležitá chemická látka, která svou barevnou změnou zviditelní bod ekvivalence.

### *Laboratorní sklo:*



*byreta*



*titrační baňka*



*pipeta*



*kádinka*



*odměrná baňka*

## 4. Závěr

V závěru bakalářské práce bych chtěla shrnout celou tuto práci. Tato práce má dvě části, teoretickou a praktickou.

V teoretické části jsem se zaměřila na některé aspekty výukového procesu, jako jsou výukové metody, výukové cíle a jejich stanovení a snažila se tuto teorii převést do praxe. Snažila jsem se uvést ty části, které jsou pro učitele chemie zvláště důležité, jako problémové metody výuky, které rozšiřují tvořivé myšlení žáků, a věnovala jsem se také mimo jiné Bloomově taxonomii výukových cílů, jejichž stanovení by mělo provázet každou vyučovací hodinu, a podle níž jsem stanovila výukové cíle materiálu, který je učitelům předkládán v praktické části.

Praktická část je rozdělena na dvě části – pro učitele a pro žáky. Část, která je věnována učitelům, obsahuje rady, vysvětlení a užitečné typy. V příloze je také modelové zadání didaktických testů i s jejich řešením, vztahujícím se k jednotlivým úkolům. Poslední část bakalářské práce tvoří výukový materiál pro děti. Na začátku tohoto materiálu je motivační příběh. Všechny pokusy pro děti provází postava ducha Chemči, bývalého učitele chemie. Pokusila jsem se hravou formou přiblížit dětem nejzákladnější metody analytické chemie s potravinami, protože ty jsou dětem blízké a známé ze života. Úkoly pro žáky jsou tvořeny pomocí taxonomie učebních úloh podle D. Tollingerové, která vychází z Bloomovy taxonomie výukových cílů.

Je důležité, aby se společnost zajímala o přírodní vědy, probouzela v dětech zájem, chuť k bádání a výzkumu. Tato práce je námětem a jednou z možností, jak děti motivovat a nasměrovat k vědě.

## 5. Literatura

- [1] Maňák J., Švec V.: *Výukové metody*. Paido-edice pedagogické literatury, Brno 2003.
- [2] Kolář Z., Vališová A.: *Analýza vyučování*. Grada, Praha 2009.
- [3] Skalková J.: *Od teorie k praxi vyučování*. SPN, Praha 1978.
- [4] Petty G.: *Moderní vyučování*. Portál, Praha 2004.
- [5] [http://esfmoduly.upol.cz/texty/vyuk\\_proces.pdf](http://esfmoduly.upol.cz/texty/vyuk_proces.pdf) (staženo 30. 1. 2012).
- [6] Sitná D.: *Metody aktivního vyučování*. Portál, Praha 2009.
- [7] Mojžíšek L.: *Vyučovací metody*. SPN, Praha 1988.
- [8] Müller L. a kol.: *Příručka pro začínající učitele chemie*. Trifox s.r.o., Šumperk 2009.
- [9] Nezvalová D. a kol.: *Inovace v přírodovědném vzdělávání*. Olomouc 2010.
- [10] <http://projekty.osu.cz/synergie/dok/opory/solarova-metodika-vyuky-chemie-na-2-stupni-zs-a-ss.pdf> (staženo 30. 1. 2012).
- [11] Bílek M., Rychtera J., Slabý A.: *Konstruktivismus ve výuce přírodovědných předmětů*. Olomouc 2008.
- [12] Komenský J. A.: *Didaktika analytická*. Tvořivá škola, Brno 2004.
- [13] [http://is.muni.cz/th/74958/pedf\\_m/DiplomovaPrace.pdf](http://is.muni.cz/th/74958/pedf_m/DiplomovaPrace.pdf) (staženo 31. 1. 2012).
- [14] <http://www.kof.zcu.cz/st/rz/prace/tomas.pdf> (staženo 29. 1. 2012).
- [15] Šulcová, R., Böhmová, H., Stratilová Urválková, E.: *Zajímavé experimenty z chemie kolem nás*. UK v Praze, PřF 2009.
- [16] Šulcová, R., Pisková, D. a kol.: *Přírodovědné projekty pro gymnázia a střední školy*. UK v Praze, PřF 2008.
- [17] [www.chempokusy.webzdarma.cz/dokumenty/met.Listy/Met12.doc](http://www.chempokusy.webzdarma.cz/dokumenty/met.Listy/Met12.doc) (staženo 19. 2. 2011).
- [18] Šulcová, R., Böhmová, H.: *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*. UK v Praze, PřF 2007.
- [19] [http://cities.eu.org/attachments/071\\_CZ\\_M3\\_Coca-Cola\\_0.0.pdf](http://cities.eu.org/attachments/071_CZ_M3_Coca-Cola_0.0.pdf) (staženo 17. 10. 2012).
- [20] [http://www.anl.zshk.cz/media.aspx?id=SAL036&TB\\_iframe=true&height=750&width=820](http://www.anl.zshk.cz/media.aspx?id=SAL036&TB_iframe=true&height=750&width=820) (staženo 29. 11. 2011).
- [21] <http://ach.upol.cz/user-files/files/acc-chelatometrie.pdf> (staženo 26. 5. 2011).
- [22] <http://vydavatelstvi.vscht.cz/echo/analytika/sklo/> (staženo 1. 10. 2011).



## 6. Přílohy

### 6.1. Písemky na začátku hodiny a jejich řešení

#### Otázky do písemné práce před laboratorním cvičením papírová chromatografie:

1. Co je to chromatografie a na čem je tato metoda založená? *Chromatografie je jednou ze základních analytických metod, která je založená na rozdělování složek vzorku o různé přilnavosti ke stacionární fázi mezi stacionární a kapalnou fází. Tím dochází k různé rychlosti unášení složek vzorku kapalnou fází a tedy jejich rozdělování.*
2. Vysvětli pojmy stacionární a mobilní fáze. *Stacionární fáze je nepohyblivá, může to být pevná látka, kapalina, gel... Přes stacionární fázi proudí fáze mobilní, která unáší složky vzorku.*
3. K čemu slouží retenční faktor? Napiš vzorec a vysvětli, co dané veličiny znamenají. *Retenční faktor slouží jako charakteristika dané látky při chromatografii v určitém systému stacionární a mobilní fáze. Je to číslo, které vyjadřuje poměr mezi vzdáleností středu skvrny dané látky od startu a vzdáleností, kterou urazilo čelo rozpouštědla od startu. Vzorek je  $R_f = a/b$  ( $a$  je vzdálenost středu skvrny od startu,  $b$  je vzdálenost čela rozpouštědla od startu).*
4. Co se nesmí stát při vkládání válce z filtračního papíru do chromatografické vany? *Nesmí dojít k tomu, aby rozpouštědlo dosahovalo nad startovní čáru.*
5. Kdy můžeme tento válec z chromatografické vany vytáhnout a co musíme rychle udělat? *Papírový válec můžeme vyjmout poté, co čelo rozpouštědla doputuje asi 2 cm pod okraj válce. Musíme rychle tužkou zaznačit, kam až dosahovalo čelo rozpouštědla, a to dříve, než začne papír usychat.*

#### Otázky do písemné práce před laboratorním cvičením neutralizační titrace:

1. Stručně popiš, jak obecně probíhá neutralizační titrace. *Neutralizační titrace je založena na výměně elektronů. Aby se jednalo o neutralizační titraci, musíme titrovat kyselinou nebo zásadou. Do titrační baňky přikapáváme z byrety kyselinu nebo zásadu, pomocí indikátoru určíme bod ekvivalence a ze spotřebovaného objemu titračního činidla, který jsme potřebovali na dosažení bodu ekvivalence, provedeme výpočet.*
2. Kdy mluvíme o alkalimetrii a kdy o acidimetrii? *Pokud titrujeme kyselinou, jedná se o acidimetrii, pokud máme v byretě zásadu, jedná se o alkalimetrii.*

3. Vysvětli z chemického hlediska, co se stane v bodě ekvivalence. Jak to poznáme? *V okamžiku, kdy se nám při přikapávání titračního činidla změni natrvalo barva stanovovaného roztoku, dosáhneme bodu ekvivalence. Tato barevná změna nastává díky acidobazickému indikátoru, který jsme do titrovaného roztoku v titrační baňce přidali. Stane se to, že látkové množství kyselých  $H^+$  iontů a zásaditých  $OH^-$  iontů se vyrovná, takže dosáhneme rovnováhy.*
4. Co znamená, že musíme roztok standardizovat? A proč se to dělá? *Standardizovat znamená zjistit přesnou koncentraci roztoku, kterým budeme následně titrovat. Standardizaci provádíme hlavně proto, že odvažovaná látka má v sobě hodně příměsí, které ovlivňují její koncentraci v roztoku, ale také proto, že vážení není tak přesné.*
5. Napiš chemickou rovnici reakce, která probíhá při stanovení množství kyseliny uhličitě hydroxidem sodným. Rovnici vyčíslí a napiš poměr látkových množství reaktantů. *Rovnice této reakce je  $H_2CO_3 + NaOH \rightarrow NaHCO_3 + H_2O$  a poměr látkových množství je 1:1.*

**Otázky do písemné práce před laboratorním cvičením komplexometrické titrace:**

1. Co jsou komplexní sloučeniny? Vysvětli pojem donor-akceptorová vazba. *Komplexní sloučeniny jsou většinou krásně barevné sloučeniny, které obsahují donor-akceptorovou vazbu. Je to vazba, kdy jeden atom poskytne elektronový pár a druhý atom volný orbital.*
2. Co se stalo v bodě ekvivalence? Vysvětli chemicky. *Odměrné činidlo zreagovalo se všemi kationty kovu, které tak vyvázalo ze slabého komplexu s indikátorem. Indikátor zůstal volný a změnil barvu, protože volný indikátor má jinou barvu než v komplexu s kovem.*
3. Co je vlastně chelaton III? Napiš jeho vzorec. *Chelaton III je disodná sůl kyseliny ethylendiaminotetraoctové.*
4. V jakém poměru reaguje chelaton III s vápenatými kationty? *1:1*
5. Jakou barvu bude mít náš roztok před titrací a jakou po titrací? Jaký indikátor tuto barvu způsobuje? *Indikátorem je murexid. Před titrací bude roztok růžový, a protože volný murexid má barvu fialovou, bude po titraci barva roztoku fialová.*

### **Otázky do písemné práce před laboratorním cvičením redoxní titrace:**

1. Co je obecně titračním činidlem při redoxních titracích? *Obecně je titračním činidlem látka, která má oxidační nebo redukční účinky.*
2. Jaký je rozdíl mezi oxidimetrií a reduktometrií? *Při oxidimetrii titrujeme oxidačním činidlem, při reduktometrii redukčním.*
3. Vysvětli stanovení bodu ekvivalence pomocí odměrného roztoku manganistanu draselného, když do titrační baňky nepřidáváme indikátor. *Manganistan draselný má silné oxidační účinky, takže oxiduje látky v titrační baňce, a sám se redukuje za současné změny jeho barvy z tmavě fialové na bezbarvou. Když už nemá co oxidovat, to nastává v bodě ekvivalence, přestane se odbarvovat a roztok v titrační baňce je jím zbarven do růžova.*
4. Co se používá jako indikátor a co jako odměrný roztok při jodometrii? *Při jodometrii je odměrným roztokem roztok jodu a indikátorem je škrob.*
5. Jakou barevnou změnu pozorujeme při jodometrii v bodě ekvivalence? *V bodě ekvivalence dochází ke změně barvy roztoku v titrační baňce, ve které je i indikátor škrob, a to na tmavě modrou.*

### **Otázky do písemné práce před laboratorním cvičením důkaz škrobu reakcí s jodem:**

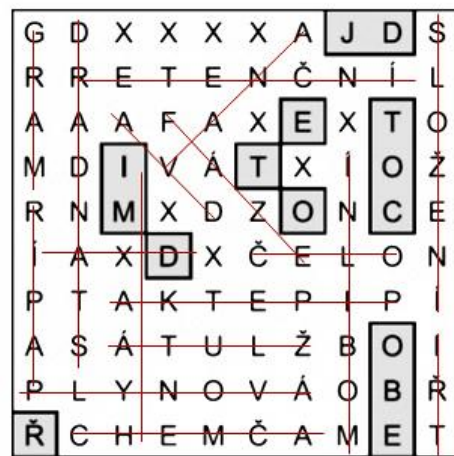
1. Proč škrob s jodem reaguje a například glukóza s ním nereaguje? *Škrob můžeme jodem dokázat právě díky tomu, že škrob je polysacharid a obsahuje dlouhé řetězce glukosy, díky kterým vzniká charakteristické zbarvení.*
2. Lugolův roztok je roztok jakého chemického prvku? *Je to roztok jodu.*
3. Jakou barvou se projeví reakce škrobu s jodem? *Škrob reaguje s jodem za vzniku tmavě modrého zbarvení.*
4. Která uzenina obsahuje nejvíce škrobu (ta s nejtmaší nebo nejsvětější skvrnou)? *Uzenina, které se vytvořila po kápnutí Lugolova roztoku nejtmaší skvrna, obsahuje nejvíce škrobu.*

## 6.2. Řešení ke křížovkám

Papírová chromatografie:

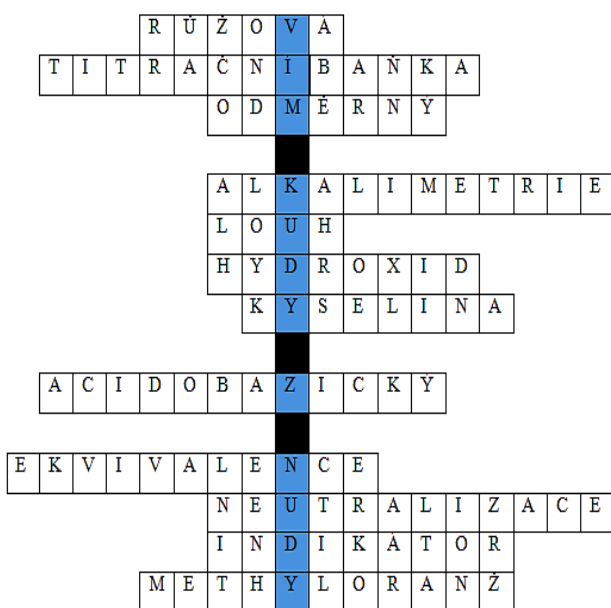
1. Papír
2. retenční
3. Plynová
4. Mobilní
5. Pipetka
11. Standard
12. Gram
13. Chemča

6. Složení
7. Vana
8. Dva
9. Čelo
10. Tři
14. Žlutá
15. Fáze



Tajenka: JDE TI TO MOC DOBŘE

Neutralizační titrace:



Komplexometrické titrace:

