



**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**Přírodovědecká fakulta  
Katedra učitelství a didaktiky chemie**



Jiří Vozka

**Chemické experimenty ve středoškolské výuce  
Chemical Experiments in Secondary Education**

Diplomová práce oboru Učitelství chemie a biologie pro SŠ

Vedoucí diplomové práce: Doc. RNDr. Helena Klímová, CSc.

Praha 2010

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a uvedl všechny použité literární a internetové zdroje.

Souhlasím se zapůjčením diplomové práce ke studijním účelům.

V Praze dne 12. 5. 2010

---

Děkuji vedoucí své diplomové práce doc. RNDr. Heleně Klímové, CSc. za cenné rady, přátelský přístup, neskonalou trpělivost a za čas, který mi věnovala. Dále děkuji paní Ludmile Frantové, která v laboratoři bravurně plnila všechna má přání a která se nebála mě podpálit. Dále děkuji RNDr. Renatě Šulcové, Ph.D. za trpělivé pouštění do laboratoře a poskytování fotoaparátu. Děkuji prof. RNDr. Haně Čtrnáctové, CSc. za cenné rady k tématu bezpečnosti. Děkuji Ing. Kateřině Doubravové, Ph.D. z Ústavu chemické technologie restaurování památek VŠCHT za konzultaci a poskytnutí materiálu k úloze Restaurátor. Děkuji Václavovi Kubátovi, Bc. Petře Hübnerové, RNDr. Václavovi Martínkovi, Ph.D. a Mgr. Pavlovi Teplému za pomoc při zpracování fotografií a videa. Především děkuji své matce MVDr. Daniele Vozkové za rady v oblasti medicíny, nemilosrdnou kritiku mé práce a poskytnuté zázemí a své přítelkyni Karolíně Růžičkové za podporu.



## **Abstrakt**

Diplomová práce obsahuje čtyři témata zahrnující vybrané oblasti organické chemie a biochemie zpracované do formy demonstračních experimentů a laboratorních prací. Jedná se o témata Proteiny, Světlo a oheň, Kuriozity a Profese. Některé experimenty jsou doplněny motivačním textem, který daný experiment dále rozvádí nebo uvádí zajímavost související s tématem experimentu. Každý experiment či laboratorní práce uvedený v diplomové práci byl ověřen v laboratoři Katedry učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy a fotograficky zdokumentován. Kompletní fotodokumentace i s videozáznamy je uvedena na CD přiloženém k diplomové práci.

## **Abstract**

The thesis contains four topics from organic chemistry and biochemistry processed into the structure of chemical experiments and laboratory works. These topics are Proteins, Light and fire, Curiosities and Professions. Some experiments are accompanied by motivational text, including additional information or interesting facts. Each experiment was verified in the laboratory at the Department of Teaching & Didactics of Chemistry, Faculty of Science, Charles University in Prague. Each experiment was photographically documented. Two of them were also video taped and these videos with all pictures are on the CD accompanying this thesis.

## **Klíčová slova**

Chemické experimenty, protein, denaturace, inhibice, katalasa, laktosová intolerance, xanthoproteinový test, biuretový test, oscilační reakce, dýmavnice, světlem indukovaná reakce, fotocitlivá reakce, pyroforické olovo, restaurátor, syntetický chemik, klinický biochemik.

## **Keywords**

Chemical Experiments, Protein, Denaturation, Inhibition, Catalase, Lactose Intolerance, Xanthoprotein Test, Biuret Test, Oscillating Reactions, Smoke Bomb, Light-induced Reaction, Photosensitive Reaction, Pyroforic Lead, Restorer, Synthetic Chemist, Clinical Biochemist.

## Seznam použitých zkratk

BrMA.....	2-brompropan-1,2-diová kyselina
ELISA.....	enzyme-linked immuno-sorbent assay
ES.....	Evropské společenství
IR.....	infrared rays, infračervené záření
IUPAC.....	International Union of Pure and Applied Chemistry, Mezinárodní unie pro čistou a užitou chemii
MA.....	propan-1,2-diová kyselina
mRNA.....	messenger RNA, mediátorová ribonukleová kyselina
OEC – komplex.....	oxygen evolving complex, nepřekládá se
PČR.....	Parlament České republiky
PETN.....	pentaerythritol-tetranitrát
REACH.....	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, nepřekládá se
SeCys.....	selenocystein
TNT.....	2,4,6-trinitromethylbenzen
UGA.....	kodon tvořený uracilem, guaninem a adeninem
UV.....	ultraviolet rays, ultrafialové záření
VIS.....	visible rays, viditelné záření
VŠCHT.....	Vysoká škola Chemicko-technologická

## **Klasifikace pokusů**

D.....	demonstrační pokus
L 1.....	laboratorní práce s nízkou náročností
L 2.....	laboratorní práce se střední náročností
L 3.....	laboratorní práce s vysokou náročností

## **Seznam motivačních textů**

Motivační text o anglickém názvosloví.....	23
Motivační text o alkoholismu a horečce.....	29
Motivační text o arsenu a Marshově zkoušce.....	32
Motivační text o enzymatickém stanovování některých látek.....	39
Motivační text o výbušninách.....	43
Motivační text o absorbanci.....	48
Motivační text o OEC-komplexu rostlin.....	53
Motivační text o perpetuum mobile.....	58
Motivační text o Albertu Einsteinovi.....	79

## OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	10
3	TEORETICKÁ ČÁST.....	11
	3.1 TEORETICKÝ ÚVOD.....	11
	3.2 REŠERŠE.....	13
	3.2.1 Zahraniční literatura.....	13
	3.2.2 Česká literatura.....	15
	3.3 JAK PSÁT PROTOKOL.....	16
	3.3.1 Co je to protokol?.....	16
	3.3.2 Pár rad k protokolům.....	17
	3.3.3 Pár osobních rad do laboratoře.....	17
	3.4 BEZPEČNOST PRÁCE V LABORATOŘI.....	18
4	PRAKTICKÁ ČÁST.....	19
	4.1 PROTEINY.....	20
	4.1.1 Obecný úvod k proteinům.....	20
	4.1.2 Elementární analýza vaječného bílku.....	21
	4.1.3 Denaturace bílkovin.....	26
	4.1.4 Inhibice enzymů.....	31
	4.1.5 Laktosová intolerance.....	35
	4.1.6 Xanthoproteinový test.....	41
	4.1.7 Biuretový test.....	45
	4.2. KURIOZITY.....	49
	4.2.1 Obecný úvod ke světlu a ohni.....	49
	4.2.2 Krevní katalasa.....	51
	4.2.3 Oscilační reakce podle Briggse a Rauschera.....	54
	4.2.4 Oscilační reakce podle Bělousovova a Žabotinského.....	60
	4.2.5 Kouřová bomba.....	64
	4.3 SVĚTLO A OHĚŇ.....	68
	4.3.1 Obecný úvod ke světlu a ohni.....	68
	4.3.2 Hořící ruce.....	70
	4.3.3 Světlem indukovaná reakce.....	73
	4.3.4 Fotocitlivá reakce.....	77
	4.3.5 Samozápalné olovo.....	80
	4.4 PROFESE.....	82
	4.4.1 Obecný úvod k profesím.....	82
	4.4.2 Restaurátor.....	83
	4.4.3 Syntetický chemik.....	93
	4.4.4 Klinický biochemik.....	95
5	DISKUZE A ZÁVĚR.....	100
6	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY A INTERNETOVÝCH ZDROJŮ.....	101



# 1 ÚVOD

Chemie, biologie a fyzika jsou společně s matematikou páteří přírodovědných předmětů, které hrají v rozvoji společnosti, alespoň dle mého názoru, nejdůležitější roli. Přírodní vědy prodělaly v posledních desetiletích obrovský skok v před. Postupem času, jak se veliké množství nových fascinujících informací začalo dostávat z univerzitních kabinetů a dalších vědeckých pracovišť do středoškolských a základoškolských učebnic, začal vznikat tlak na učitele středních a základních škol. Zatímco informace, které mají učitelé přírodovědných oborů učit, se množí geometrickou řadou, čas který je jim na tento nesnadný úkol vyhrazen je stále stejný, či se v některých případech dokonce zmenšuje vlivem celosvětového trendu globalizace a tedy i potřeby jazyků a dalších humanitních předmětů. Další problémy samozřejmě vyvstávají s finančními dotacemi, horším technickým vybavením školních laboratoří, jsou-li na škole vůbec nějaké laboratoře, hodinovými dotacemi atd. Toto vedlo ke značnému spěchu ve výuce, díky kterému se některá látka vyučovala stylem „prostě se to naučte nazpaměť“ a jiná se z výuky jednoduše vyškrtla. Žákovi bylo tak předkládáno ve velkém spěchu ohromné množství faktů, pojmů a definic a v některých to vyvolávalo pocit, že například chemie se svými izomeriemi, různými efekty a strukturami je cosi nepotřebného a mimo náš běžný život.

Současným cílem pedagogicko-didaktických výzkumů a teorií je proto zjistit, jak výuku zlepšit, zpestřit a zefektivnit a jak do ní zahrnout i nové informace a motivovat tak žáky pro studium přírodovědných předmětů. Inovace výuky musí proběhnout tak, aby ji žáci byli schopni akceptovat, dále aby ji školy byly schopné uskutečnit a také aby to přineslo očekávané výsledky, což je velmi nesnadný úkol.

Chemie však má oproti ostatním předmětům velkou výhodou. Touto je výhodou je široká paleta chemických pokusů. Pokusy jsou, pokud jsou dobře provedeny a náležitě vysvětleny, neocenitelným didaktickým nástrojem pro zapamatování a ověření různých chemických znalostí, dovedností a vědomostí. Dále pak například v rámci laboratorních prací rozvíjí v žácích další důležité schopnosti, jako např. manuální zručnost (vysokoškolští pedagogové chemie si v současné době velmi stěžují na to, že žáci postrádají manuální zručnost a šikovnost, neboť se často v rámci své středoškolské docházky do laboratoří vůbec nedostanou), schopnost týmové spolupráce, odpovědnost za své výsledky, systematiku práce, vedení záznamů a mnoho dalších.

## 2 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem mé diplomové práce je vytvořit ucelený soubor pokusů a laboratorních prací, který by přibližoval organickou chemii a biochemii k běžnému životu a také motivoval žáky ke studiu chemie. Byl bych rád, aby si žáci uvědomili význam chemie pro jejich život a nahlédli, kde všude se chemie uplatňuje. Mnohé pokusy budou mít ryze motivační charakter a budu v nich demonstrovat, co všechno je možné udělat - vždyť přece chemie je jen vědecké potvrzení kouzel.

Práce bude rozdělena na teoretickou část a praktickou část. V teoretické části uvedu, jakým způsobem jsem postupoval při volbě námětů pro experimenty, dále rešerši literatury zabývající se středoškolskou experimentální chemií dostupnou na Katedře učitelství a didaktiky chemie Univerzity Karlovy v Praze, základní informace o protokolech a jejich tvorbě a stručné shrnutí legislativního rámce bezpečné práce v chemické laboratoři. V praktické části se budu zabývat výhradně experimenty. Pokusy a laboratorní práce, které budu navrhovat, sám provedu v laboratoři Katedry učitelství a didaktiky chemie Karlovy Univerzity v Praze s cílem ověřit, zda a za jakých podmínek probíhají. Své výsledky budu dokumentovat fotograficky a bude-li to možné a vhodné, tak některé budu natáčet. U každého pokusu uvedu vysvětlení, a pokud to bude možné z hlediska obsahového, uvedu také motivační text, který pokus doplní o další informace či zajímavosti.



## 3 TEORETICKÁ ČÁST

### 3.1 TEORETICKÝ ÚVOD

Práce je určena primárně pro středoškolské učitele, kterým, jak doufám, pomůže při tvorbě úloh pro školní laboratorní práce, či jako inspirace pro demonstrační nebo motivační pokusy do vyučovacích hodin nebo do seminářů. Z tohoto důvodu jsou návody, vyjma návodů v kapitole Profese, formulovány pro učitele a já předpokládám, že si je učitel sám upraví tak, aby zapadaly do rámce vyučovacích hodin dané školy.

Mým záměrem je dostat chemické experimenty zpět do vyučovacích hodin a laboratoří, ze kterých se, alespoň podle mého pozorování, ve velké míře vytratily. Snad tím středoškolským pedagogům ušetřím čas a částečně i peníze. Mou práci mohou také využít učitelé základních škol, či chemických kroužků nebo mladí studenti chemie, kteří v ní mohou nalézt podněty pro své první pokusy.

Původně jsem se domníval, že diplomových prací a publikací na téma experimenty bylo vypracováno velké množství, ale během získávání informací a během celkového vhledu do situace středoškolské experimentální chemie jsem s překvapením zjistil, že tomu tak není.

Ve své práci uvádím pokusy a laboratorní práce, které mě zaujaly a to především ze dvou důvodů. Prvním kritériem pro zařazení pokusu do mé práce je, že jsem se s ním nikdy předtím nesetkal a přijde mi zajímavý. Dnešní mládež je velmi náročná, je ze všech stran bombardována různými efekty, moderní technikou a jinými vymoženostmi a je proto velmi složité ji zaujmout. Dle mého názoru a z mé zkušenosti z pedagogické praxe na dvou gymnáziích vyplývá, že pokus nebo laboratorní práce, jehož výsledkem je po hodinové přípravě vznik bílé sraženiny nikoho nezaujme. Ale je-li výsledkem pokusu něco nečekaného (náhlá změna barvy, synchronizovaný vznik dýmu, exploze...) žáky to zaujme a právě takovéto pokusy jsem zahrnul. Netvrdím, že je takto přimějí k řádnému studiu chemie, ale alespoň na chvíli je zaujmu, což v dnešní době považuji za zázrak.

Druhým kritériem pro zařazení pokusu do mé práce byla jeho jednoduchost. V práci uvádím i notoricky známé pokusy, ale uvádím je zde s tím, že je považuji za takřka nenahraditelné. Jako příklad uvádím primitivní elementární analýzu bílku, kterou provádí malí chemici. Tato úloha nespočívá v ničem jiném, než zahřát sušený bílek a pozorovat, ale dá se uchopit mnoha způsoby, které již záleží na učiteli. Učitel může před zraky žáků předvést špatný chemický postup, například si přičichnout přímo k ústí zkumavky a může žáky nechat říct, co udělal špatně a tak je nepřímou učí správnému chování v laboratoři. Nebo v případě velmi známého biuretového testu je možné snadno přejít k problematice absorbance, o které žáci s velkou pravděpodobností nikdy neslyšeli. Případné námitky, že se téma absorbance, či spektrofotometrie neučí, chápu, ale myslím si, že je to škoda. Myslím, že by v každém tématu chemie mělo být malé okénko pro současnou chemii, co se děje teď. Samozřejmě, že výše zmíněná spektrofotometrie není nejnovější metoda, ale pro prostředí středních škol novou metodou je, a proto by mi její nástin přišel vhodný. Navíc je již v dnešní době možné levně zakoupit jednoduché spektrofotometry.

Druhá kapitola teoretické části je rešerše české a zahraniční literatury zabývající se středoškolskou experimentální chemií. Třetí kapitola se zabývá protokoly a jejich tvorbou a dále je zde uvedeno několik dobrých rad, které by žáci měli slyšet předtím, než prvně vstoupí do chemické laboratoře. Ve čtvrté kapitole Bezpečnost práce v chemické laboratoři shrnuji legislativní rámec bezpečné práce v chemické laboratoři.

Experimentální část jsem rozdělil do čtyř témat Proteiny, Kuriozity, Světlo a oheň a Profese. Výběr těchto celků vznikl víceméně náhodně. Tématická kapitola se skládá

z obecného úvodu k dané problematice, kde jsou uvedeny základní informace o jednotlivých pokusech, popřípadě jsou zde nastíněny pokusy, které jsem chtěl zařadit, ale nepodařily se mi realizovat. Následují jednotlivé chemické pokusy vztahující se ke kapitole. Pro snadnější orientaci v pokusech jsem vytvořil jednoduchou klasifikaci pokusů, která je uvedena vždy v pravém horním rohu pod názvem kapitoly. D značí demonstrační pokus, který by měl provádět pouze učitel. L 1 značí jednoduchý laboratorní pokus vhodný pro mladší žáky, L 2 značí náročnější chemický pokus vhodný pro starší žáky, L 3 značí pokus již velmi obtížný. Tato klasifikace je vytvořena dle mého soudu, kde jsem uplatňoval především kriteria bezpečnosti, technické náročnosti pokusu a znalostní vybavenosti žáků. Klasifikace může být samozřejmě učitelem vyhodnocena jinak a upravena.

Struktura jednotlivých pokusů je složena z názvu úlohy, dále z cíle úlohy, úvodu, časové a experimentální náročnosti, chemikálií, pomůcek, postupu, pozorování, vysvětlení experimentu, diskuze a fotodokumentace. V časové a experimentální náročnosti uvádím přibližný časový odhad práce a také různé technické poznámky důležité pro správné provedení pokusu. Bude-li to možné budou jednotlivé pokusy doplňovány motivačním textem se zajímavostmi či biologickými souvislostmi. Náměty k jednotlivým pokusům jsem získal převážně ze zahraničních zdrojů, ať už knižních nebo internetových. Odkud jsem daný námět získal a jak jsem ho upravil uvádím v diskuzi za každým pokusem. Žádný postup nebyl doslova přebrán a většina byla nějakým způsobem upravena. Každý pokus byl z teoretického hlediska ověřen z několika nezávislých zdrojů (odborné publikace, chemické servery apod.) a prakticky ověřen v laboratoři, kde také vznikla fotodokumentace. Tisk neumožňuje zařadit do vazby tak kvalitní fotografie, jako byly pořízeny, proto jsou i s videozáznamy uloženy na příloženém CD.

Téma **Proteiny** jsem zvolil proto, že biochemické pokusy se na středních školách vyskytují velmi zřídka, a proto jsem se je rozhodl podpořit. Biochemické pokusy nepatří mezi nejefektivnější, ale bývají velmi názorné, a jak již název napovídá spojují biologii s chemií v komplexní celek a žák tak může vidět přírodu ve všech souvislostech. Pod téma proteiny jsem zahrnul pokus Elementární analýza bílku, určený jako laboratorní práce pro mladší chemiky, tedy úroveň L 1. Pokus Denaturace bílkovin, laboratorní práce klasifikace L 2. Pokus Inhibice enzymů, který může být pojat jako demonstrační, či jako laboratorní práce klasifikace L 2. Dalším pokusem je Laktosová intolerance. Tento pokus může být klasifikován jako jednoduchá laboratorní práce L 2, či může být zkoumán z mnoha hledisek, což klasifikuji jako L 3. Další demonstrační pokus zahrnutý pod tématem proteiny je Xanthoproteinový test. Následuje laboratorní pokus Biuretový test, klasifikace L 2.

Pod tématem **Kuriozity** jsem shromáždil pokusy, které k sobě nemají přímou návaznost, ale jsou natolik fascinující, že jsem je uvést musel. Obvykle popisují nějakou chemickou zvláštnost, která přidá na zajímavosti hodinám chemie. V kapitole se nachází demonstrační pokus Oscilační reakce podle Briggse a Rauschera, který jsem také natočil. Jednodušší provedení oscilační reakce uvádím v laboratorní práci klasifikace L 2 Oscilační reakce podle Bělousovova a Žabotinského. Dále jsem pod tímto tématem uvedl demonstrační pokus Krevní katalasa. Tuto kapitolu uzavírá demonstrační pokus Kouřová bomba.

Téma **Světlo a oheň** jsem zařadil proto, že jej považuji za velmi zajímavé a reakce, které nějakým způsobem mění světelné vlastnosti látek jsou jedny z nejpůsobivějších, a proto ideální k demonstračním pokusům. Zde se nabízí propojení s fyzikou. Prvním demonstračním pokusem tohoto tématu jsou Hořící ruce, jeden z nejpůsobivějších pokusů v celé práci. Demonstrační pokus Světlem indukovaná reakce je vhodné zařadit do výuky o

radikálových mechanismech, demonstrační pokus Fotocitlivá reakce je vhodný jako motivační pokus do hodin chemie. Posledním pokusem tohoto tématu je Samozápalné olovo, které klasifikuji jako L 2.

Speciální kapitola **Profese** obsahuje pouze návody na laboratorní práce. Tyto laboratorní práce jsou zaměřené na profese, které mají něco společného s chemií. Představují tak žákům profesi restaurátora (L 3), syntetického chemika (L 2) a klinického biochemika (L 2). Toto pojetí mně osobně přijde zajímavé a ještě nikdy jsem se s ním nesešel. Touto, jak doufám, neokoukanou a zajímavou cestou se snažím jednak na tyto profese upozornit a motivovat tak případné zájemce a také ukázat žákům, kteří chemii považují za nutné zlo, jaký význam má chemie i pro jejich život.

## 3.2 REŠERŠE

Pro pochopení problematiky školních experimentů a zmapování odborné literatury zaměřené na chemické experimenty jsem provedl rešerši vybrané české a zahraniční literatury a dvanácti diplomových prací obhájených na Katedře učitelství a didaktiky chemie Univerzity Karlovy od roku 2005. Diplomové práce nejsou v rešerši uvedeny, protože z dvanácti diplomových prací, které měly obsahově souvislost s mojí diplomovou prací, pouze tři obsahovaly experimentální úlohy z organické chemie či biochemie, ale po jejich přečtení jsem na ně nenavazoval a jejich výsledky jsem nepoužil. Tyto tři diplomové práce jsou uvedeny v použité literatuře.

### 3.2.1 Zahraniční literatura

Roesky, H., Möckel, K. *Chemical Curiosities*, 3rd ed.; 2003. <sup>21</sup>

Tuto knihu považuji za základ chemických experimentů. Jsou v ní uvedeny experimenty velmi známé, jako jsou například faraónovi hadi, amoniaková fontána, či chromatografie listového extraktu. Zároveň také obsahuje experimenty dle mého názoru méně známé. Každý experiment je uveden historickou souvislostí nebo vědeckou zajímavostí, náležitě vysvětlen a je také uvedena doplňující literatura. Jediné, co lze této knize vytknout je, že ne u každého pokusu je uvedena fotodokumentace a také že pro některé pokusy jsou potřebné těžko dostupné látky jako je např. crown ether 18-crown-6 nebo gallium. Některé z méně známých experimentů uvedených v této knize jsem zařadil, upravil, vyzkoušel jejich proveditelnost a pořídil jejich fotodokumentaci. Jsou to 34 Hydrogen Peroxide and Blood, str. 83, v mé práci uveden jako Krevní katalasa a 77 Photochemical reduction of a Thiazine Dye, str. 216, v mé práci uveden jako Fotocitlivá reakce a 96 A Bromate-Malonic Acid Oscillation Process Catalyzed by Mn<sup>2+</sup> Ions, str. 257, v mé práci uveden jako Oscilační reakce podle Bělousova a Žabotinského.

Gray, T. *Mad Science: Experiments you can do at home - but probably shouldn't*, 1st ed.; 2009. <sup>8</sup>

Tato kniha uvádí velmi zajímavé pokusy, které plně korespondují s jejím názvem. Sám autor uvádí, že jsou to pokusy značně nebezpečné a měly by se provádět pod vedením zkušeného odborníka. Nedivím se. Bohužel jsou tyto pokusy spíše fyzikálního rázu a používají značně nedostupné chemikálie, např. D<sub>2</sub>O, indium, či radioaktivní vzorek a špatně dostupné technické vybavení. Velkou výhodou této knihy je její celistvost, velké množství zajímavých informací, fotografií a odkazy na videa a další zdroje. Dalším

faktorem je i vtipný sloh autora. Poznámky typu: „99,9 % stříbro je nejvhodnější pro vlkodlaky“ jistě každý čtenář ocení. Z této knihy jsem žádný pokusy nepoužil.

Thompson, R. B. *Illustrated guide to home chemistry experiments*, 1st ed.; 2008. <sup>27</sup>

Tato kniha je psána ve stylu učebnice pro laboratoře. Obsahuje klasické pokusy, které je skutečně možné bezpečně vyzkoušet doma nebo ve školní laboratoři. V úvodu jsou uvedeny užitečné informace např. o použití chemického skla a o dalším nezbytném vybavení, dále R, S – věty, popis základních chemických operací a mnoho dalších. Tuto knížku považuji za velice hezky udělanou chemickou kuchařku, která svými laboratorními pracemi pomůže žákům osvojit si nové znalosti. Je doplněna obrázky, různými doporučeními, otázkami i prostorem pro jejich vyplnění, nicméně bez autorského řešení a s málo rozsáhlou fotodokumentací, ale v kombinaci s učitelem ji považuji za ideální. Z této knihy jsem převzal námět na přípravu polosyntetického vlákna Rayonu, Produce Rayon Fiber, str. 380-381. V mé práci je uveden v rámci profese Syntetický chemik.

Kolektiv autorů *Chemistry - collected experiments*; 1967. <sup>17</sup>

Tato starší kniha obsahuje velké množství klasických laboratorních úloh. Úlohy nejsou doplněny fotodokumentací ani nějakými odkazy, či doplňujícími informacemi. Také vysvětlení jednotlivých reakcí jsou dle mého názoru strohá. Z této knihy jsem žádný experiment nepoužil.

### 3.2.2 Česká literatura

Čtrnáctová, H., Halbych, J., Hudeček, J., Šimová, J. *Chemické pokusy pro školu a zájmovou činnost*, 1st ed.; 2000.<sup>6</sup>

Tato kniha je dle mého názoru českou analogií *Chemical Curiosities*. V rozsáhlém úvodu jsou dobře zpracovány informace nutné pro bezpečnou práci v laboratoři včetně zásad první pomoci. Samotné experimenty jsou dobře proveditelné, ale jejich vysvětlení je stručné a chybí fotodokumentace. Z této knihy jsem žádný pokusy nepoužil.

Straka, M. *Kouzelnické pokusy z chemie*. 1st ed.; 1997.<sup>22</sup>

V této publikaci je mnoho zajímavých a efektních pokusů, ale jsou zpracovány velmi stručně bez řádného vysvětlení, stejně tak chybí fotodokumentace. Z této knihy jsem použil námět na přípravu pyroforického olova, str. 21. V mé práci je tento pokus uveden jako Samozápalné olovo.

Šulcová, R., Böhmová, H., Stratilová Urválková, E. *Zajímavé experimenty kolen nás*, 1st ed.; 2009.<sup>25</sup>

Tato tenká publikace je určena pro středoškolské učitele a má jim posloužit jako inspirace pro laboratorní práce. Obsahuje netradiční a neokoukané pokusy, které jsou doplněny fotodokumentací a řádně vysvětleny. Z této knihy jsem žádný pokusy nepoužil.

Šulcová, R., Pisková, D. *Přírodovědné projekty pro gymnázia a střední školy*, 1st ed.; 2008.<sup>26</sup>

Tato publikace obsahuje náměty vhodné pro krátko a střednědobé projekty. Je plná zajímavých námětů, různých didaktických úloh a pokusů. Pokusy nejsou fotograficky zdokumentovány, ale jsou řádně vysvětleny. Z této knihy jsem žádný pokusy nepoužil.

Závěrem bych chtěl uvést, že dle mého názoru a dle mých zkušeností v průběhu vlastního studia na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v Praze či v rámci praxí na dvou pražských gymnáziích je v zahraničí věnována mnohem větší pozornost středoškolské experimentální chemii, výběru experimentů i jejich didaktickému zpracování než u nás.

## 3.3 JAK PSÁT PROTOKOL

### 3.3.1 Co je to protokol? <sup>5,23,24</sup>

Velice důležitou součástí práce chemika je korektní dokumentace jeho práce formou protokolu. Dobře vypracovaný protokol by měl umožnit zopakovat pokus a to i po delší době a jiným chemikem. Dále umožňuje odhalit případné nedostatky a příčiny neúspěchu. V průmyslu a částečně i ve vědecké sféře je protokol, tedy výsledek vaší práce to, za co vám zadavatel zaplatí, tedy by mu měla být věnována patřičná pozornost.

Pro střední školy mi nejrozumnější cesta přijde vedení laboratorního deníku, který by zároveň mohl být uznán jako protokol, nebo by z něj byl protokol posléze vytvořen.

Laboratorní deník je sešit formátu A4. V žádném případě ne volné listy, protože ty se snadno ztratí. Každou úlohu začínáme na novou stránku.

Středoškolský protokol by měl mít tuto strukturu:

- název úlohy
- úkol
- chemikálie
- pomůcky
- správně vyčíslená chemická rovnice
- pracovní postup, případně náčrt aparatury
- výpočty
- pozorování
- vysvětlení průběhu experimentu, případně diskuze
- závěr

Poznámka k pracovnímu postupu. Jelikož k většině středoškolských laboratorních úloh žáci dostanou od učitele návod, přijde mi zbytečné tento postup opisovat do laboratorního deníku či protokolu. Doporučuji uvést, podle kterého návodu jsme postupovali, např. Návody pro laboratoře z anorganické chemie, str. 77 a samotný postup uvést pouze bodově. Pozor, v případě, že se od postupu v učebnici významně odchýlíme (jestli jsme použili 200 ml kádinku nebo 150 ml není významné) je nutné tuto změnu do laboratorního deníku uvést a případně zdůvodnit. Co považuji za významné je uvést pozorování, tedy co se s reakční směsí dělo (vyloučily se krystaly, změnila se barva, vzplála). Tyto informace mohou být součástí pozorování, diskuze nebo závěru. Co se týká případných výpočtů je rozumné uvést jeden konkrétní typový příklad výpočtu a u ostatních pouze výsledky. Protokol končí závěrem, který zhodnotil práci. V závěru musí být, je – li úloha preparačního typu, uveden výtěžek a vlastnosti produktu.

### 3.3.2 Pár rad k protokolům

#### **Žáci by se neměli bát přiznat chybu.**

Teorie bývá optimističtější než praxe a chybami se člověk učí. Pokud teorie říká, že roztavený plast voní po květinách a žákovi se z toho puchu udělalo na pět minut špatně, tak ať to přizná. Že něco nefunguje je stejně cenná informace, jako že to funguje. Stejně tak rozbití skla, omylem vylitý preparát do výlevky nebo rozbití lahve s koncentrovanou kyselinou jsou momentální katastrofy, ale žáci by se z nich měli pod vedením učitele poučit a pochopit tak význam systematické a bezpečné práce v laboratoři.

#### **Žáci by měli zaznamenat ihned, co vidí.**

Informace že, „jsem v pátek 12.4.2009 rozpustil 10 g dusitanu sodného v 10 ml horké vody, nechal ochladit na 50 °C a za stálého míchání jsem přidal 5 g červených krystalků hexahydrátu dusičnanu kobaltnatého a poté jsem po malých množstvích přidával 40 ml 50 % kyseliny octové načež se vyloučily jemné žluté krystalky hemihydrátu hexanitrokobaltitanu sodného“, se po týdnu změnil na „nějaký dusitan jsem rozpustil ve vodě, přidal jsem dusičnan a octovku a zežloutlo to“. Po měsíci se tato informace změnila na „někdy v dubnu jsem byl v laboratoři“. Okamžitý zápis průběhu reakce a pečlivé vedení protokolu umožní žákovi po čase se opět k protokolu vrátit a využít ho pro vlastní učení či pro navázání souvislostí s dalšími probíranými tématy.

### 3.3.3 Pár osobních rad do laboratoře

Horké sklo vypadá úplně stejně jako sklo studené, ale mnohem více pálí.

Suchý aceton není pevná látka.

Ledová kyselina octová neznámá, že je kyselina octová vychlazená ledem.

Smícháme-li 100 ml jednoho roztoku se 100 ml druhého, těžko se výsledný roztok vejde do 150 ml kádinky.

Noste ochranné brýle a plášť!!!

Přihánějte, jinak agresivní páry poruší vaše sliznice.

(třeba nevině vyhlížející amoniak váš čich vyřadí na dva dny)

Nebojte se chemie, ale respekt je na místě.



**Obrázek č. 1** Ve které kádince je voda a ve které roztok amoniaku?

### 3.4 BEZPEČNOST PRÁCE V LABORATOŘI <sup>5,6,79,80</sup>

Chemická laboratoř svojí samotnou podstatou je značně nebezpečné místo. Na málokterém jiném místě je soustředěno tolik chemických látek, zdrojů plynu a vysokého napětí, skla apod. Proto je nutné vědět, jak se v takovém prostředí chovat. Od roku 1998 vešel v platnost zákon č. 157/1998 Sb., který dává jasné pokyny pro manipulaci s chemickými látkami v souladu se směrnicemi Evropské unie. V roce 2003 došlo k novelizaci a vešel v platnost zákon o chemických látkách a chemických přípravcích, zákon. č. 356/2003 Sb., uveden např. na <http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?zdroj=sb03356&cd=76&typ=r>.

Tento zákon byl upraven v souladu se zákonem zvaným REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals), který vstoupil v platnost 1. června 2007 na základě nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 z 18. prosince 2006. Jelikož REACH nahrazuje ohromné množství vyhlášek a ostatních právních předpisů, hovoří se o něm někdy jako o jedné z nejsložitějších směrnic Evropské unie. REACH, jakožto nařízení vydané legitimními orgány Evropské unie, platí pro Českou republiku automaticky. Pro implementaci REACH v České republice bylo stanoveno Ministerstvo životního prostředí. Pravomoci vymáhat uplatňování REACH v České republice má Česká inspekce životního prostředí. Dne 18. července 2008 schválil Senát PČR novelu zákona o chemických látkách, která směrnice implementuje do české legislativy. Prezident Václav Klaus 11. srpna novelu vetoval, ale 23. září Poslanecká sněmovna PČR jeho veto přehlasovala, takže vstoupil v platnost. Více informací o chemické legislativě na Právní předpisy v oblasti chemických látek na

**[http://www.mzp.cz/cz/pravni\\_predpisy\\_chemicke\\_latky](http://www.mzp.cz/cz/pravni_predpisy_chemicke_latky)**

Jak je patrné z předešlého textu, chemická legislativa je velmi složitá a dynamická struktura, proto uvádím to, z mého pohledu, nejdůležitější minimum.

Z těchto zákonů vyplývá pro prostředí školy především

- 1) Učitel musí vědět, jak s danou chemikálií zacházet a jak v případě potíží poskytnout první pomoc.
- 2) Učitel musí seznámit žáky s vlastnostmi látek, s kterými pracují, a musí jim sdělit, jak s danými látkami správně zacházet.
- 3) Učitel musí zajistit bezpečnostní pomůcky a důsledně dbát na jejich používání.
- 4) Učitel musí žáky seznámit s laboratorním řádem.
- 5) Učitel nikdy nesmí nechat žáky v laboratoři bez dozoru.
- 6) Žáci jsou povinni dané instrukce dodržovat.

Další doporučení

- 1) V každém případě noste ochranné brýle a důsledně to vyžadujte také od žáků.
- 2) Chodte do laboratoře v plášti a důsledně to vyžadujte také od žáků.
- 3) Důkladně seznamte žáky s laboratorním řádem a bezpečností práce a nechte je to stvrdit podpisem.
- 4) Nikdy je nenechávejte samotné.
- 5) V chemické laboratoři věnujte pozornost výhradně žákům a jejich činnostem, nikoli opravování písemných prací z jiných hodin či přípravě na další hodinu.
- 6) V případě, že jsou žáci problematictí, nepoužívejte „nebezpečné“ chemikálie, či práci s ohněm.

Všichni učitelé jsou povinni si dané zákony prostudovat, neboť neznalost zákona neomlouvá.



## 4 PRAKTICKÁ ČÁST



Obrázek č. 2 Experiment hořící ruce

## 4.1 PROTEINY

### 4.1.1 Obecný úvod k proteinům<sup>12,30,31</sup>

Tato kapitola bude věnována proteinům, které tvoří stěžejní část hmoty živých organismů. Co vlastně proteiny jsou? Jedná se o biopolymery, které jsou tvořeny dlouhým vláknem složeným z aminokyselin. Jednotlivé aminokyseliny jsou pospojovány peptidovou vazbou, která je jednoduchá, ale má však díky rezonanci částečný charakter vazby dvojně a nelze kolem ní rotovat, což určuje mnohé vlastnosti proteinů. Pořadí 21-ti proteinogenních aminokyselin ve vlákně proteinu (tzv. primární struktura) je v podstatě přímým vyjádřením genetického kódu. Ve starší literatuře bývá uvedeno, že aminokyselin tvořících proteiny je dvacet. Jednadvacátou aminokyselinou je selenocystein, tedy selenový analog cysteinu. Tato vzácná aminokyselina je obsažena v savčí glutathionperoxidase a v některých bakteriálních enzymech. Selenocystein je kódován kodonem UGA, který běžně působí jako STOP-kodon; mRNA pro selenocystein má zvláštní sekundární strukturu, která umožňuje rozpoznat okolí kodonu UGA a zajistit, aby SeCys byl při translaci inkorporován do bílkoviny<sup>76</sup>. Proteiny v organismech zastávají velké množství funkcí. Najdeme proteiny stavební – aktin nebo myosin tvoří svalová vlákna, transportní – hemoglobin v krvi transportuje kyslík a oxid uhličitý, regulační – inzulin reguluje hladinu glukosy v krvi, obrannou – protilátky mají obvykle proteinovou povahu a katalytickou – enzymy, které katalyzují velké množství biochemických pochodů v organismech.

K tématu Proteiny jsem zařadil šest pokusů. První pokus, Elementární analýza bílku, dokazuje přítomnost základních prvků uhlíku, vodíku, dusíku a síry v proteinech. Pro své snadné provedení je klasifikován jako L 1.

Druhý pokus, Denaturace bílkovin, ověřuje, jakými způsoby lze docílit denaturace bílkovin. V tomto pokusu je denaturace docílena třemi chemickými způsoby – působením kyseliny octové, síranu měďnatého a ethanolu, dále je zde uváděna denaturace fyzikální cestou a to teplem. Tento pokus je klasifikován jako L 2.

Třetí pokus, Inhibice proteinů, vysvětluje princip působení těžkých kovů na enzymy. Působením solí těžkých kovů se inhibuje katalasa obsažená v bramborovém plátku. Uvádím provedení tohoto pokusu se dvěma solemi. V případě použití dusičnanu stříbrného je tento pokus klasifikován jako L 2, v případě použití chloridu rtuťnatého je pro jeho značnou toxicitu klasifikován jako demonstrační.

Čtvrtý pokus, Laktosová intolerance, představuje žákům velmi zajímavou genetickou variabilitu v lidské populaci. Část lidské populace není schopna v dospělém věku vstřebávat mléčný cukr laktosu, jsou tzv. laktosově intolerantní, část lidské populace tento cukr vstřebává bez problémů. V tomto pokusu se v úvodu vysvětluje princip laktosové intolerance, dále se v samotné experimentální části za pomoci laktasy ve formě tablet ukazuje její působení, stanovuje se množství laktosy v mléce za pomoci glukosových indikátorových papírků. Tento pokus je klasifikován jako L 2, 3, protože může být snadno rozveden a zkoumán z více pohledů.

Pátý pokus, Xanthoproteinový test, je známý a běžně uváděný důkaz přítomnosti aromatických kyselin ve vzorku. V uvedeném provedení je poměrně náročný na chemikálie, zejména kvůli ceně a dostupnosti krystalických aminokyselin, proto je zde klasifikován jako pokus demonstrační.

Šestý pokus, Biuretový test, ukazuje princip základního stanovení proteinu, popřípadě i volných aminokyselin. Konkrétní princip stanovení je dále rozveden v motivačním textu za tímto pokusem. Tento pokus je klasifikován jako L 2.

#### 4.1.2 Elementární analýza vaječného bílku

**Kapitola: Proteiny**  
**Klasifikace: L 1**

##### Cíl úlohy

Dokázat přítomnost uhlíku, vodíku, dusíku a síry ve vaječném bílku.

##### Úvod

Tento pokus je velmi jednoduchý, pracuje s běžně dostupným materiálem, a proto může sloužit jako první seznámení s aminokyselinami nebo proteiny a jejich složením, či jako první „analytická práce“ pro malé chemiky. Název úlohy je zcela úmyslně nadnesený. Nejedná se o skutečnou elementární analýzu, ale o jednoduchý důkaz několika málo základních prvků, které se vyskytují v proteinech, tedy i ve vaječném bílku. Vaječný bílek je složen z následujících proteinů - ovalbumin (54 hm.%), conalbumin (12 hm.%), ovomucoid (11 hm.%), ovomucin (1,5-1,3 hm.%), lysozym (3,4 hm.%) a ovoglobuliny (8 hm.%)<sup>3</sup>.

##### Časová a experimentální náročnost

Cca 30 minut. Pozor na práci s horkými zkumavkami.

##### Chemikálie

Sušený vaječný bílek (vaječný bílek se nechá vyschnout), roztok chloridu olovnatého, nebo jiné soli s olovnatým kationtem.

##### Pomůcky

Zkumavka, kahan, zápalky, držáky na zkumavky, pH papírky, filtrační papír.

##### Postup

Do zkumavky nasypeme asi dvoucentimetrový sloupec sušeného vaječného bílku. Zčásti stále tekutý bílek výsledek pokusu nijak neovlivní, ale důkaz kyslíku nebude prokazatelný. Poté zkumavku pět minut zahříváme nesvítivým plamenem kahanu a pozorujeme. Navlhčený indikátorový papírek podržíme u ústí zkumavky a sledujeme změnu zbarvení. Nakonec podržíme u ústí zkumavky filtrační papír namočený do roztoku olovnatých iontů a pozorujeme.

##### Pozorování

Bílek při zahřívání tmavne, černá. Uvolňují se zápachající plyny, které zbarví indikátorový papírek do modra a reagují s olovnatými kationty, kterými je napuštěn filtrační papír, za vzniku černé sraženiny a lesklé vrstvičky olova. Stěny zkumavky jsou orosené.

##### Vysvětlení experimentu

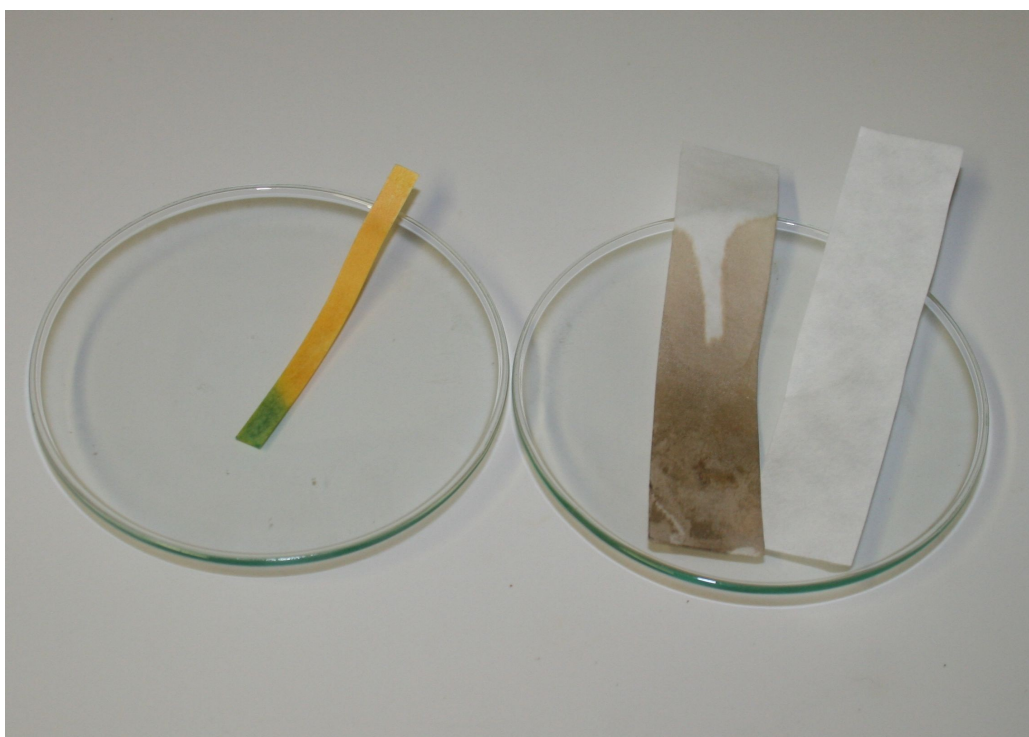
Ztmavnutí bílku je zapříčiněno jeho zuhelnatěním, při kterém se uvolňuje uhlík. Zkumavka se orosila vodou, která se vypařovala ze sušeného bílku, ale na chladnějších částech zkumavky zkondenzovala. Bílek tedy obsahuje vodík a kyslík a tyto prvky při tepelném rozkladu proteinu vytvořily vodu. Zmodrání indikátorového papírku je zapříčiněno uvolňováním bazického plynu amoniaku, což je důkazem přítomnosti dusíku ve vzorku. Ze zmodrání indikátorového papírku nevyplývá, že se jedná přímo o amoniak, ale takového zjednodušení se dopouštím s přihlédnutím ke klasifikaci laboratorní práce L 1. Přímý důkaz amoniaku je možné provést například za použití Nesslerova činidla<sup>77</sup>. Filtrační papír

se pokryl vrstvou černého sulfidu olovnatého, což je důkazem síry, která unikala v podobě sulfanu <sup>23</sup>. Lze také pozorovat kovový lesk vyloučeného olova.

### **Diskuze**

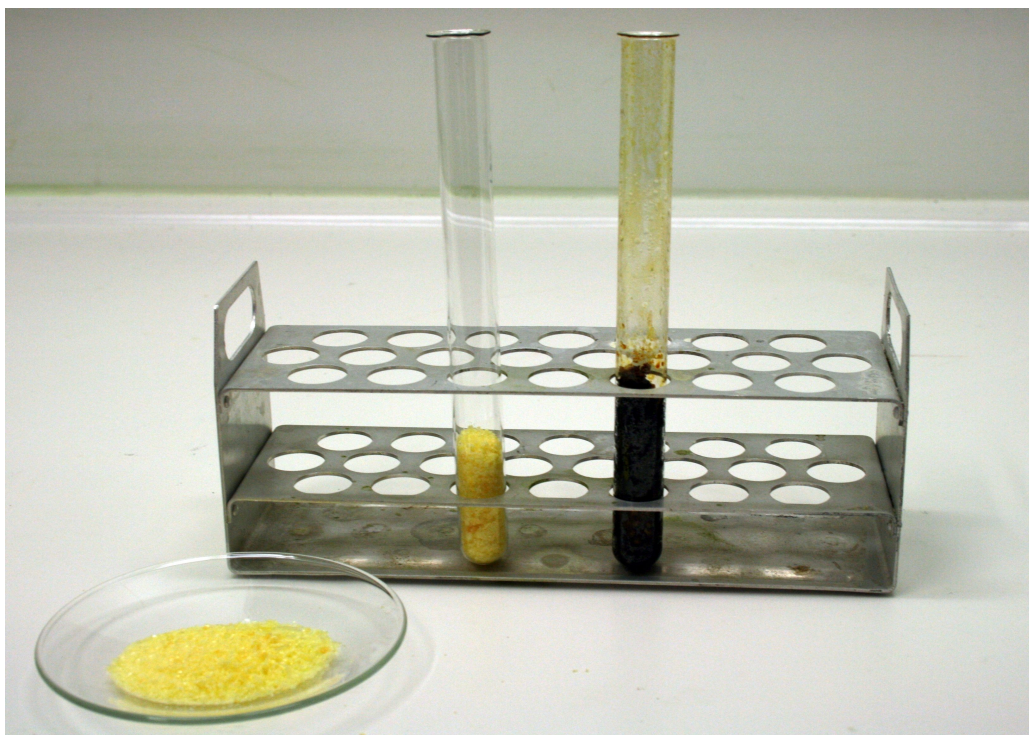
Tento pokus je uvedený na stránce Pedagogické fakulty Univerzity v Hradci Králové <sup>33</sup>. Jeho provedení je obdobné, ale návod i vysvětlení jsou velmi stručné. Tento pokus jsem ověřil, zpracoval podrobný postup a vysvětlil. V mém provedení se však unikající sulfan dokazuje kusem filtračního papíru namočeným do roztoku olovnatých iontů, oproti důkazu se stříbrnou lžičkou, který považuji za velmi nepraktický. Dále důkaz amoniaku provádím navlhčeným indikátorovým papírkem. Na uvedených stránkách se tento důkaz provádí za pomoci šťávy z červeného zelí. Dále jsem pokus didakticky zpracoval a pořídil fotodokumentaci.

### **Fotodokumentace**



**Obrázek č. 3 Důkaz amoniaku a síry** – zabarvený indikátorový papírek na levé misce dokázal přítomnost bazického plynu amoniaku a tedy i přítomnost dusíku v proteinu. Na pravé misce vlevo je filtrační papír navlhčený bezbarvým roztokem olovnatých iontů, který po přiložení k hrdlu zkumavky ztmavl vyloučeným sulfidem olovnatým a elementárním olovem. Světlý papír vpravo je přiložen pro srovnání.





**Obrázek č. 4 Srovnání zkumavek před a po zahřátí** – vlevo je umístěna zkumavka se sušeným bílkem před zahřátím, vpravo je zkumavka po zahřátí. Černá (tmavě hnědá) barva je zapříčiněna tepelným rozkladem proteinu a vyloučením uhlíku.

#### **Poznámka o amoniaku**

Podlé současné mezinárodní terminologie dle IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry – Mezinárodní unie pro čistou a užitou chemii) je pro amoniak správný název azan, pro vodu oxidan, pro chlorovodík chloran a pro hydrazin diazan apod.

Více informací na <http://www.imc.cas.cz/cz/umch/iupaccentre.htm>

#### **Motivační text o anglickém názvosloví** <sup>40,41,42</sup>

České anorganické názvosloví je právem považováno za jedno z nejlepších názvosloví v národním jazyce vůbec. Jeho autory jsou páni profesor Emil Votoček a doktor Alexander Sommer Batěk. Profesor Votoček je jeden z nejznámějších českých chemiků. Proslavil se zejména pracemi v oblasti sacharidů, analytické chemie a mnoha dalšími patenty. Byl také prvním zástupcem českých chemiků v IUPAC a zakladatelem časopisu Collection of Czechoslovak Chemical Communications, který vychází do současnosti. Jeho jméno dodnes nese např. Votočkovu činidlo, které se používá v analytické chemii či Votočkovu stipendium, které je udělováno za vynikající studijní výsledky během postgraduálního studia na VŠCHT, kde profesor Votoček mnoho let působil (resp. působil na předchůdci VŠCHT, tzv. pražské polytechnice). Druhým autorem českého anorganického názvosloví je doktor Alexander Sommer Batěk, původně filozof, ale také výborný chemik, který kromě výzkumu vlastností prvků působil jako středoškolský profesor v Praze a Plzni.

Zejména díky mezinárodní spolupráci je nutné, aby chemik uměl i základy anglického názvosloví, které se nejvíce používá v odborné literatuře. Angličtina nemá takovou bohatost na koncovky jako má český jazyk, proto je anglické názvosloví značně nejednotné, komplikované a kostrbaté. Uvádím zde jen stručný přehled.

## Základy anglického anorganického názvosloví <sup>7,75</sup>

### 1) Binární sloučeniny.

Sloučeniny se rozdělují na ty, které obsahují kov (polokov) a ty, které jej neobsahují.

- a. Pakliže sloučenina obsahuje kov či polokov, používá se tzv. stock systém. Napíšeme jméno kovu a do závorky za něj napíšeme římskými číslicemi jeho oxidační číslo, poté připojíme druhou část názvu (např. anion  $\text{Cl}^-$  či skupinu  $\text{OH}^-$ ) s koncovkou **-ide**. Tedy např. název chloridu železnatého  $\text{FeCl}_2$  je iron(II) **chloride**, název hydroxidu železitého  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  je iron(III) **hydroxide**. Je také možné použít latinský název kovu, ale obvykle se dává přednost názvům anglickým. Existuje ještě jeden starší systém názvosloví, který přežívá v technických názvech. Tento systém používá koncovky **-ic** a **-ous**. První koncovka se používá pro vyšší oxidační číslo ( $\text{FeCl}_3$  **ferric** chloride), druhá pro nižší ( $\text{FeCl}_2$  **ferrous** chloride). Tento systém je stále používán v názvosloví kyslíkatých kyselin a jejich solí.
- b. Pakliže sloučenina neobsahuje kov, píšeme název prvního prvku s latinskou předponou (mono-, di-...), abychom vyjádřili skutečný počet přítomných atomů. Stejně tak si počínáme s druhou částí názvu, která má opět zakončení koncovkou **-ide**. Tedy např. oxid dusitý  $\text{N}_2\text{O}_3$  je dinitrogen trioxide.

### 2) Oxokyseliny.

Zde se používá poněkud nešťastný systém předpon a přípon, který jsem nastínil již u binárních sloučenin. Vyskytuje-li se centrální prvek v kyselinách ve dvou oxidačních stavech, používají se přípony **-ic** pro vyšší a **-ous** pro nižší oxidační stav. Kyselina sírová je sulphuric acid, kyselina siřičitá je sulphurous acid. Situace se komplikuje v případě, že se centrální prvek vyskytuje ve více oxidačních stavech. Poté se přidává předpona **hypo-** a zároveň přípona **-ous** pro nejnižší oxidační stav, poté následuje **-ous** pro druhý nejnižší, pak **-ic** a pro nejvyšší oxidační stav centrálního prvku se používá předpona **per-** společně s koncovkou **-ic**. Pro pochopení uvádím kyseliny odvozené od chloru. Kyselina chlorná  $\text{HClO}$  **hypochlorous** acid, kyselina chloritá  $\text{HClO}_2$  **chlorous** acid, kyselina chlorečná  $\text{HClO}_3$  je **chloric** acid a konečně kyselina chloristá  $\text{HClO}_4$  je **perchloric** acid.

### 3) Soli oxokyselin.

U solí oxokyselin se používá zčásti systém oxokyselin pro anionty a z části stock systém pro kationty. Koncovka kyseliny **-ous** se mění v koncovku **-ite** soli a koncovka **-ic** kyseliny se mění v koncovku **-ate** soli. Tedy např. chlornan sodný je natrium **hypochlorite** **odvozený** od kyseliny chlorné **hypochlorous** acid, chloritan vápenatý je calcium **chlorite** **odvozený** od kyseliny chlorité **chlorous** acid, chlorečnan železnatý je iron(II) **chlorate** **odvozený** od kyseliny chlorečné **chloric** acid a závěrem např. chloristan olovnatý je lead(II) **perchlorate** **odvozený** od kyseliny chloristé **perchloric** acid.

4) Bezokyslíkaté kyseliny mají jednoduché názvosloví. Používá se předpona **hydro-** pro upozornění na přítomnost atomu vodíku a koncovka **-ic** pro další prvek. Tedy kyselina chlorovodíková  $\text{HCl}$  je **hydrochloric** acid. Další možností je použití stejného názvosloví jako pro binární sloučeniny, viz 1).

### Základy anglického organického názvosloví <sup>7,75</sup>.

Organické názvosloví je velmi složité, proto ho zde nebudu do detailu rozebírat a uvedu jen zjednodušující nástin. Systematická pravidla pro tvorbu anglických názvů organických sloučenin jsou velmi podobná českému názvosloví, proto se obvykle názvy liší jen minimálně, např. český systematický název ethylenglykolu, součásti nemrznoucích směsí, je ethan-1,2-diol, anglický název je ethane-1,2-diol.

Většinou stačí připsat na konec českého názvu písmeno **-e**. Např. ethylen je ethylene, toluen je toluene apod. Další změnou může být záměna **f** za **ph**, takže fenol je anglicky **phenol**, ale u velké části názvů zůstává **f** zachováno, např. název formaldehydu je formaldehyde, fruktosy je fructose apod. U některých názvů se anglický neliší od českého vůbec, např. ethanol. Vzhledem k velkému množství drobných rozdílů mezi českým a anglickým organickým názvoslovím doporučuji vždy název překontrolovat v databázi IUPAC.

### 4.1.3 Denaturace bílkovin

**Kapitola: Proteiny**  
**Klasifikace: L 2**

#### Cíl úlohy

Ověřit, že je možné dosáhnout denaturace proteinu teplem a také chemickou cestou.

#### Úvod

Denaturace bílkovin je jev, který každý z nás zná z běžného života. Vložíme-li vajíčko na určitou dobu do vařící vody, ztuhne. Když se poraníme, na místě rány vznikne strup. V této úloze budeme provádět denaturaci proteinu různými způsoby, třikrát chemickou cestou a jednou tepelně.

#### Časová a experimentální náročnost

Cca 45 minut.

#### Chemikálie

15 g NaCl, 150 ml destilované vody, vejce, kyselina octová, ethanol, 5 ml nasyceného roztoku  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ .

#### Pomůcky

Váhy, kádinka, odměrný válec, tyčinka, pět zkumavek, stojan na zkumavky, držák na zkumavku, kahan, zápalky.

#### Postup

V kádince rozpustíme 15 g chloridu sodného ve 150 ml destilované vody. V takto připraveném roztoku rozmícháme čerstvý vaječný bílek. Roztokem naplníme pět zkumavek asi do čtyř centimetrů ode dna zkumavky. Při plnění zkumavek dáváme pozor, abychom zkumavky plnili čirým roztokem a ne nerozpustnými proteiny bílku. První zkumavku zahřejeme v plameni, do druhé přidáme 10 ml ethanolu, do třetí nasycený roztok pentahydrátu síranu měďnatého, do čtvrté 5 ml kyseliny octové a pátou zkumavku ponecháme jako srovnávací.

#### Pozorování

Zahřátím, přidáním alkoholu, přidáním kyseliny octové i přidáním měďnaté soli se bílek srazil - denaturoval. Přidává-li se ethanol opatrně, lze pozorovat dvě vrstvy. Bílou sraženinu nahoře a čirý, resp. nažloutlý roztok dole. Je to důsledkem toho, že přidávaný ethanol denaturuje pouze část proteinu, s kterou se dostane do kontaktu. Nižší část roztoku zůstane až do promíchání nezdenaturovaná. Stejně tak při opatrném přidání měďnaté soli lze docílit denaturovaného „chuchvalce“ proteinu.

#### Vysvětlení experimentu

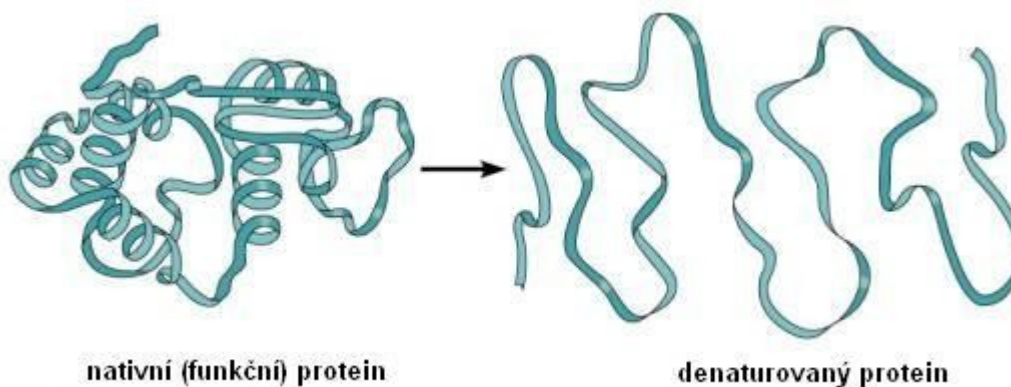
Bílek je složen z mnoha bílkovin, viz pokus Elementární analýza vaječného bílku. Některé z nich jsou rozpustné ve slaném roztoku. Rozpouštění provádíme, abychom pracovali s čirým roztokem a denaturace byla jasně viditelná.

Roztok v první zkumavce zdenaturoval zvýšením teploty. Tento proces je nevratný, tzv. nevratná denaturace. Rovněž přídavek alkoholu, kyseliny octové či nasyceného roztoku měďnaté soli do dalších zkumavek zapříčinil nevratnou denuraci.

Principem denaturace proteinů je přerušování nekovalentních interakcí, které udržují protein v jeho nativní konformaci. Ve struktuře, ve které se protein přirozeně vyskytuje a je



funkční. Zjednodušeně můžeme říci, že se jedná o rozvolnění polypeptidového vlákna, přesněji jeho terciární struktury.



**Obrázek č. 5 Denaturace proteinu** <sup>95</sup>

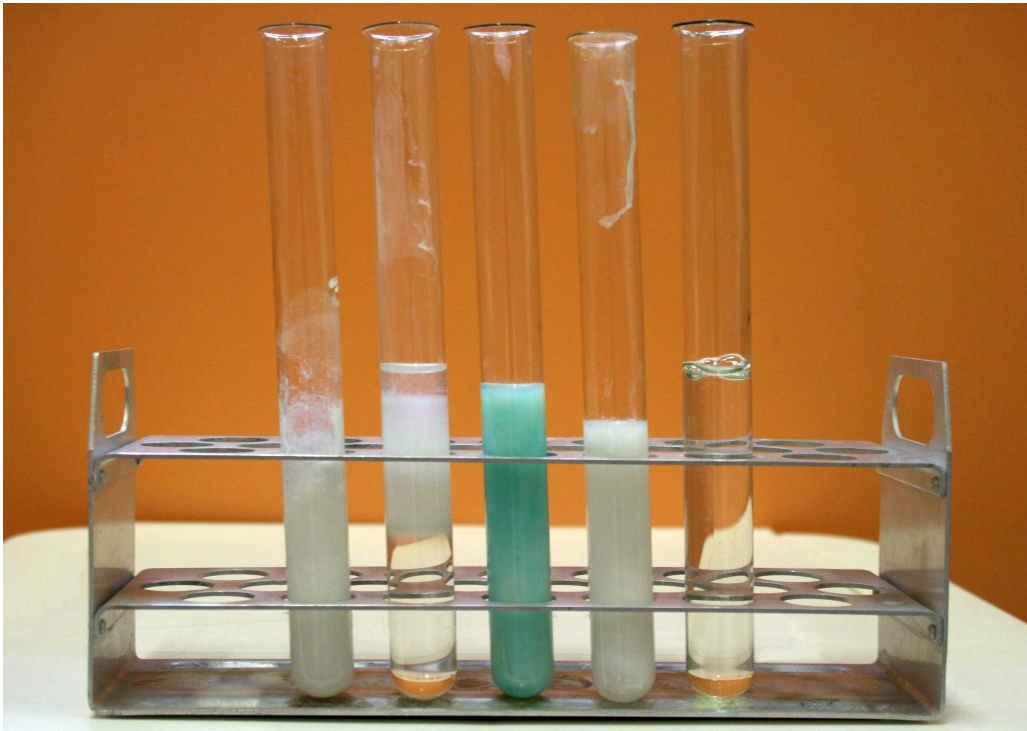
V souvislosti s proteiny se často hovoří také o inhibici. Zatímco pojem denaturace se vztahuje ke struktuře proteinu, pojem inhibice se vztahuje k jeho katalytické funkci, tedy hovoříme o specializovaných proteinech s katalytickou funkcí - enzymech. Rychlost enzymatické reakce je udávána tzv. molární nebo molekulovou aktivitou enzymu. Molární aktivita enzymu je definována jako počet molů substrátu, který je jeden mol enzymu schopen za daných podmínek přeměnit za jednu sekundu <sup>76</sup>. Molekulová aktivita je definována analogicky a nabývá stejné číselné hodnoty jako aktivita molární. Inhibice enzymu, přesněji inhibice aktivity enzymu, je proces, při kterém dochází k interakci enzymu s inhibítozem a posléze ke změně aktivity enzymu. Aktivita je při inhibici omezena či zcela eliminována. Interakcí způsobujících inhibici enzymu je mnoho typů. Základní rozdělení je na inhibice reversibilní (vratné) a ireversibilní (nevratné).

Jako příklad typické inhibice, konkrétně inhibice ireversibilní, uvádím princip otravy olovem. Základním projevem této otravy je anemie, tedy snížený počet červených krvinek. Příčina vzniku anemie je porucha v krve tvorbě. Enzym ferrochelataza, který zabudovává do protoporfyrinu iont  $Fe^{2+}$  za vzniku hemu, nezbytné součásti červeného krevního barviva hemoglobinu, je inhibován olovnatými kationty. Tyto kationty se totiž váží na  $-SH$  skupiny ferrochelatasy, což zapříčiní její inaktivaci, a červené krvinky jsou potom zcela nefunkční <sup>14</sup>.

### **Diskuze**

Tento pokus je uvedený na webové stránce Pedagogické fakulty Univerzity v Hradci Králové <sup>33</sup>. Jeho provedení je obdobné jako moje, ale chybí podrobné vysvětlení a přesný postup. Já jsem pokus ověřil, zpracoval postup včetně určení přesného množství přidávaných chemikálií, vysvětlil a oproti původnímu pokusu jsem přidal párou zkumavku pouze s roztokem bílku, aby žáci měli porovnání. Dále jsem pokus didakticky zpracoval a pořídil fotodokumentaci.

## Fotodokumentace



**Obrázek č. 6 Srovnání zkumavek s denaturovaným proteiny** – vlevo je umístěna zkumavka, která byla zahřívána plamenem, následuje zkumavka s proteinem denaturovaným ethanolem. Ve třetí zkumavce je protein denaturovaný síranem měďnatým, následuje zkumavka s proteinem denaturovaným kyselinou octovou. Zkumavka vpravo obsahuje pouze solný roztok proteinu a je zde pro srovnání.

### **Motivační text o alkoholismu a horečce**

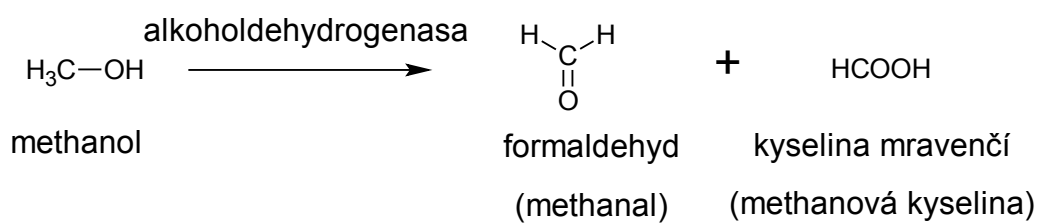
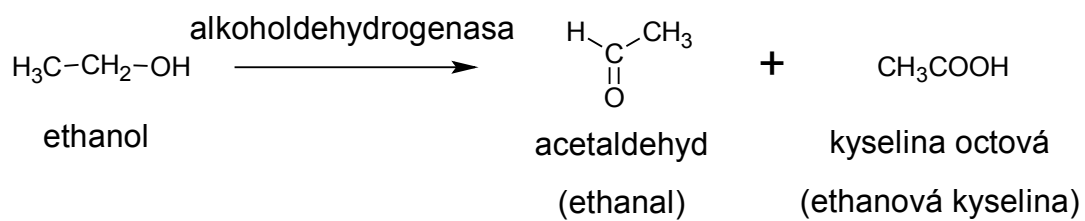
Jak jsme se v pokusu přesvědčili, denaturovat bílkoviny lze kromě chemické cesty také teplem, což pro nás může být výhodou, např. při vaření, ale zároveň také nevýhodou zejména při horečnatých onemocněních. Horečka, či zvýšená teplota, je přirozený obranný mechanismus, který má za cíl usnadnit boj protilátek a dalších obranných mechanismů těla s původci choroby. Zvýšení teploty u většiny enzymů zvyšuje jejich aktivitu, a proto si organismus snáze poradí s původci choroby. V případě opravdu vysoké horečky, 40-42 °C, může však tato imunitní odezva způsobit větší potíže než samotná choroba. V krvi a obecně v celém těle je velké množství bílkovin, které v důsledku zvýšené teploty začnou koagulovat (srážet se, denaturovat), což v krajním případě může způsobit i smrt.

Jak jsme se v pokusu přesvědčili alkohol také denaturuje bílkoviny. Při působení alkoholu, přesněji ethanolu, v lidském organismu však tkví jeho zákeřnost v něčem jiném. Denaturace bílkovin není tak významný problém, protože bychom pravděpodobně dříve umřeli na otravu alkoholem než na denuraci proteinů. Odbourávání alkoholu se uskutečňuje v játrech. Játra jsou jakási chemická továrna těla. Toto příznačné označení se jim dává zejména proto, že většina metabolických pochodů a přeměn probíhá právě tam. V játrech probíhá i tzv. biotransformace, což je proces, ve kterém se zpracovávají pro tělo cizorodé látky, tedy i ethanol. Při biotransformačních reakcích se organismus snaží převést cizorodou látku na nějaký produkt, který by mohl buďto využít anebo který se dá snadno vyloučit. Ethanol se zde mění na acetaldehyd, což je látka způsobující bolest hlavy a kocovinu, a dále na kyselinu octovou, která je dalším oxidačním procesem vyloučena v podobě vody a oxidu uhličitého<sup>10,30,31</sup>. Opakované odbourávání ethanolu játra i přes jejich výjimečnou regenerační schopnost poškozují. Je to zapříčiněno zejména acetaldehydem, který se jednak kovalentně váže na proteiny jaterních buněk a tím mění jejich biologickou aktivitu a také podporuje peroxidický rozklad lipidů<sup>14</sup>. Toto poškození může vyústit v onemocnění zvané cirhóza nebo též tvrdnutí jater. Principem cirhózy je vznik jizev v oblastech, kde odumřely jaterní buňky hepatocyty. Zákeřnost této choroby tkví v tom, že počáteční cirhóza se navenek nijak neprojevuje, játra sice pracují méně, ale tato skutečnost člověka nijak neomezuje. V okamžiku, kdy se cirhóza projeví navenek, je již pozdě, protože je již většina jater nenávratně poškozena. Mezi projevy cirhózy patří např. žloutenka, poškození mozku nebo ledvin. Léčba, pomíne-li kompletní transplantaci jater, spočívá pouze v tlumení následků nemoci.

Množství alkoholu, které při každodenní konzumaci představuje významné riziko rozvoje jaterní cirhózy, je asi 50 g alkoholu/den pro muže a 20 g alkoholu/den u ženy. To je právě jeden půllitr piva na den!<sup>84</sup>

Na obrázku č. 7 uvádím schéma odbourávání ethanolu v lidském těle. Také je zde uvedeno schéma odbourávání methanolu, který je mnohem jedovatější. Smrtná dávka methanolu je uváděna jako 20g, zatímco u ethanolu je 500g.<sup>12</sup> Otravy methanolem jsou poměrně časté, neboť vypadá, voní a prý i chutná stejně jako ethanol. Methanol se objevuje v nekvalitních destilátech, např. domácí slivovice. Proti akutní otravě methanolem se nasazuje dialýza a infuze ethanolu a hydrogenuhličitanu. Dialýza odstraňuje methanol, formaldehyd a kyselinu mravenčí. Hydrogenuhličitan neutralizuje zbylou kyselinu mravenčí a brání tak acidóze organismu. Ethanol reaguje kompetitivně s alkoholdehydrogenasou a tím se zpomaluje dehydrogenace methanolu a získává se čas pro vyloučení methanolu ledvinami

<sup>14</sup>



**Obrázek č. 7 Schéma biotransformace ethanolu a methanolu <sup>14</sup>.**

#### 4.1.4 Inhibice enzymů

**Kapitola: Proteiny**  
**Klasifikace: L 2(D)**

##### Cíl úlohy

Názorně demonstrovat účinek těžkých kovů na enzymy.

##### Úvod

Jedním, ze způsobů, jak inhibovat enzymy je jejich interakce s těžkým kovem. Na tomto principu funguje většina jedů obsahujících těžký kov. Tento pokus je pouze demonstrační, použije-li se chlorid rtuťnatý (**smrtná dávka chloridu rtuťnatého je uváděna v rozmezí 0,1 až 1 g,** <sup>34,35,43</sup>) či může být realizován jako laboratorní práce a to pouze v případě, použije-li se dusičnan stříbrný. Princip působení těžkých kovů spočívá v interakci kationtu těžkého kovu s různě nabitými částmi enzymu. Tato interakce donutí enzym zaujmout jinou konformaci a to ovlivní jeho aktivitu. Enzym takto bývá těžkým kovem zcela inhibován.

##### Časová náročnost a experimentální náročnost

Cca 45 minut. Žáci nesmí pracovat s chloridem rtuťnatým!

##### Chemikálie

30% vodný roztok H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 5% vodný roztok dusičnanu stříbrného (pro demonstraci je možné použít 0,1% vodný roztok chloridu rtuťnatého), destilovaná voda, syrový brambor.

##### Pomůcky

4 Petriho misky, chemické kleště, 3 odměrné pipety (30 ml)

##### Postup

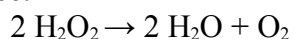
Z oloupané syrové brambory vyřízneme dva stejné plátky (cca 1,5 x 4 x 0,8 cm). První plátek umístíme do Petriho misky s 5 % roztokem dusičnanu stříbrného. Plátek musí být celý ponořen. Druhý plátek umístíme do Petriho misky s destilovanou vodou. Po pěti minutách chemickými kleštěmi přemístíme plátky do nových dvou Petriho misek, ve kterých bude 30% vodný roztok peroxidu vodíku a pozorujeme. Postup s chloridem rtuťnatým je analogický. Provedení pokusu je zaznamenáno ve fotodokumentaci.

##### Pozorování

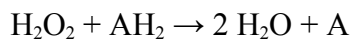
Plátek nasáklý dusičnanem stříbrným (chloridem rtuťnatým) zůstává nezměněn, popř. se po určitém čase uvolní jen pár bublinek. Okolo druhého plátku se okamžitě po vložení do misky s roztokem peroxidu vodíku začíná uvolňovat velké množství bublin.

##### Vysvětlení experimentu <sup>2,76</sup>

Katalasa obsažená v bramborových buňkách je hemový enzym, který rozkládá peroxid vodíku na kyslík a vodu dle rovnice:



Katalasa k této reakci nepotřebuje další reaktant, narozdíl od podobného enzymu peroxidasy, která ke katalytickému rozkladu peroxidu vodíku potřebuje oxidovat další látku, např. o-tolidin<sup>2</sup>:



Plátek, který byl ponořen v roztoku dusičnanu stříbrného (chloridu rtuťnatého) nereagoval, neboť katalasa byla deaktivována působením  $\text{Ag}^+$  ( $\text{Hg}^{2+}$ ) iontů, které v tomto případě fungují jako nekompetitivní inhibitor.

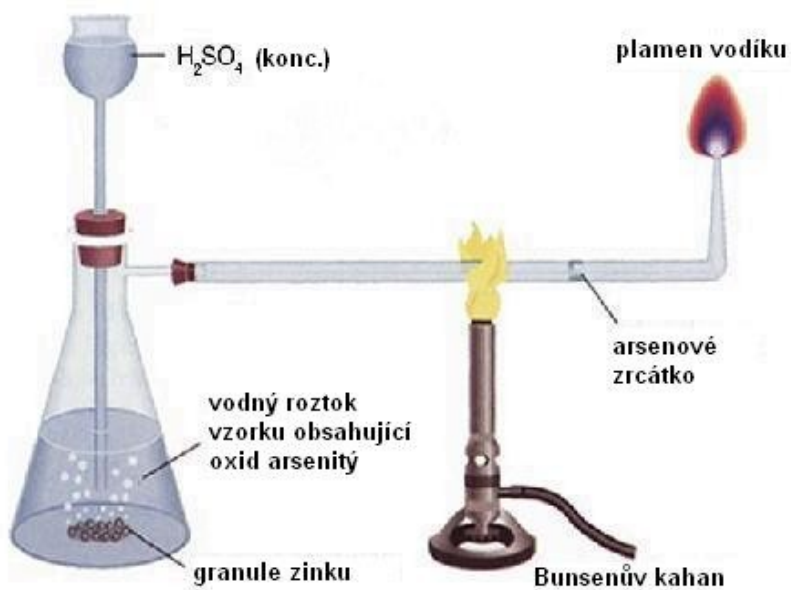
### **Diskuze**

Tento pokus je uveden na webových stránku německé Universität Regensburg <sup>51</sup>, kde je prováděn pouze s chloridem rtuťnatým. Já jsem toto provedení ponechal jako demonstrační a dále jsem navrhl záměnu vysoce toxického a špatně dostupného chloridu rtuťnatého za méně toxickou a mnohem dostupnější sůl těžkého kovu - dusičnan stříbrný. Za použití dusičnanu stříbrného jsem pokus didakticky zpracoval, vysvětlil a pořídil fotodokumentaci.

### **Motivační text o arsenu a Marshově zkoušce** <sup>10,36,85</sup>

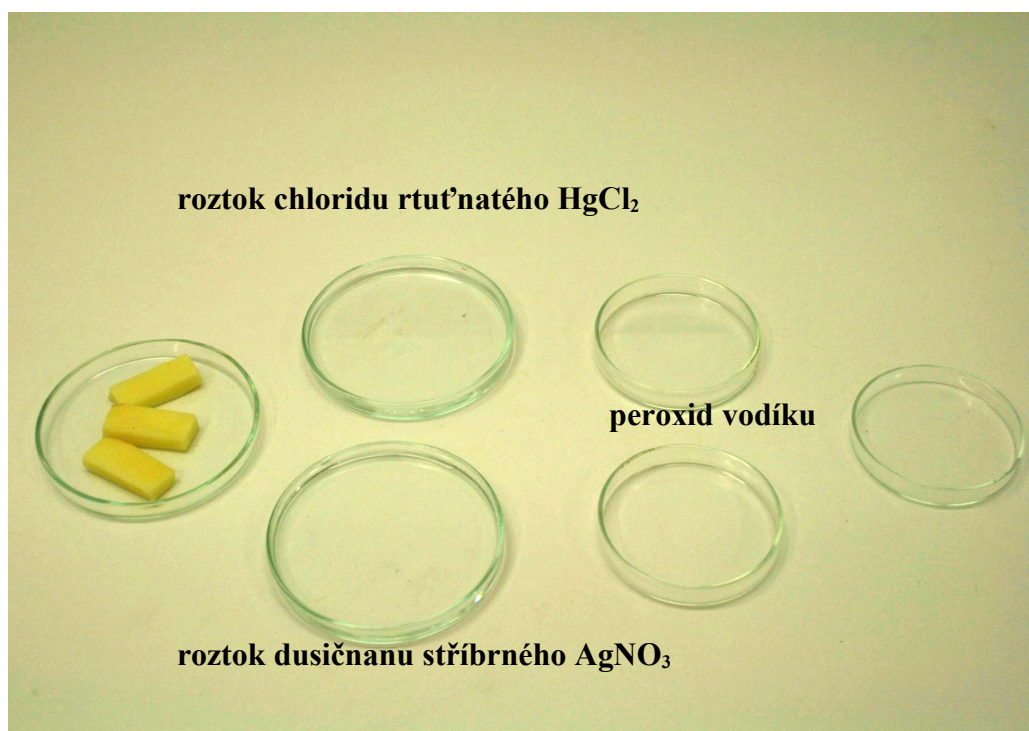
Snad každý z nás už někdy slyšel o oxidu arsenitém, zvaném též utrejch, otrušík či arsenik, označovaném za krále mezi jedy. Arsen a jeho sloučeniny v minulých dobách v podstatě tvořily světovou politiku a historii. Smrt císaře Napoleona byla přinejmenším urychlena sloučeninami arsenu, ať už se k němu dostaly záměrně, císař byl otráven, nebo jen náhodou, například z barvy na tapetách císařovy ložnice či z léků, které užíval. Milenka francouzského krále Ludvíka XIV. Madam Francoise Anhenais markýza de Montespan s oblibou likvidovala svoji konkurenci arsenikem, stejně tak jako středověké italské šlechtické rody Medičejů, Borgiů i Sforzů. Způsoby podání arseniku byly za staletí dokonale propracovány. Arsen se dával především do jídla, ale i do rukavic, paruk, hřebenu nebo na stránky knih.

Konec nadvlády arsenu přišel v roce 1836, kdy byl jistý John Bodle obžalován Londýnským soudem za úkladnou vraždu svého děda arsenikem, který mu vsypal do šálku čaje. Profesor James Marsh, známý odborník, byl pozván obžalobou, aby prokázal přítomnost tohoto zákeřného jedu. Zkouška byla provedena přímo v soudní místnosti před zraky porotců a přítomné veřejnosti. Profesor Marsh použil důkaz dle Dr. Orfila, který je považován za zakladatele současné toxikologie. Nechal probublávat sulfan podezřelým roztokem. Nakrátko se objevila žlutá sraženina sulfidu arsenitého. Záhy však došlo k vymizení žlutého zabarvení a posléze i sraženiny samotné. Přestože profesor Marsh podal jasný důkaz přítomnosti jedu, obhajoba platnost testu zpochybnila a porota se většinou hlasů vyjádřila pro nevinen. Profesor Marsh odešel s ostudou a velkým rozhořčením. Proto ještě v témže roce vymyslel vlastní metodu, na svou dobu neuvěřitelně citlivou, reprodukovatelnou a především jednoznačnou chemickou zkoušku na přítomnost arsenu v podezřelém vzorku. Marshova metoda je znázorněna na obrázku č. 8. Nejprve je nutné vyvinout vodík, např. pomocí zinku a kyseliny sírové. Vodík se probublává vzorkem testovaným na přítomnost arsenu. Vytvoří se plyn, arsan (arsenovodík), který se následně zahřeje v zúžené trubičce. Tím dojde k jeho rozkladu a vyloučí se kovový arsen ve formě dobře vizuálně detekovatelného šedočerného povlaku, tzv. arsenového zrcátka. Postup získal neobyčejný věhlas a byl využíván po mnoho desítek let až do praktického zavedení spektrálních metod ve druhé polovině dvacátého století, což bylo pro profesora Jamese Marshe životním úspěchem a velkým zadostiučiněním.



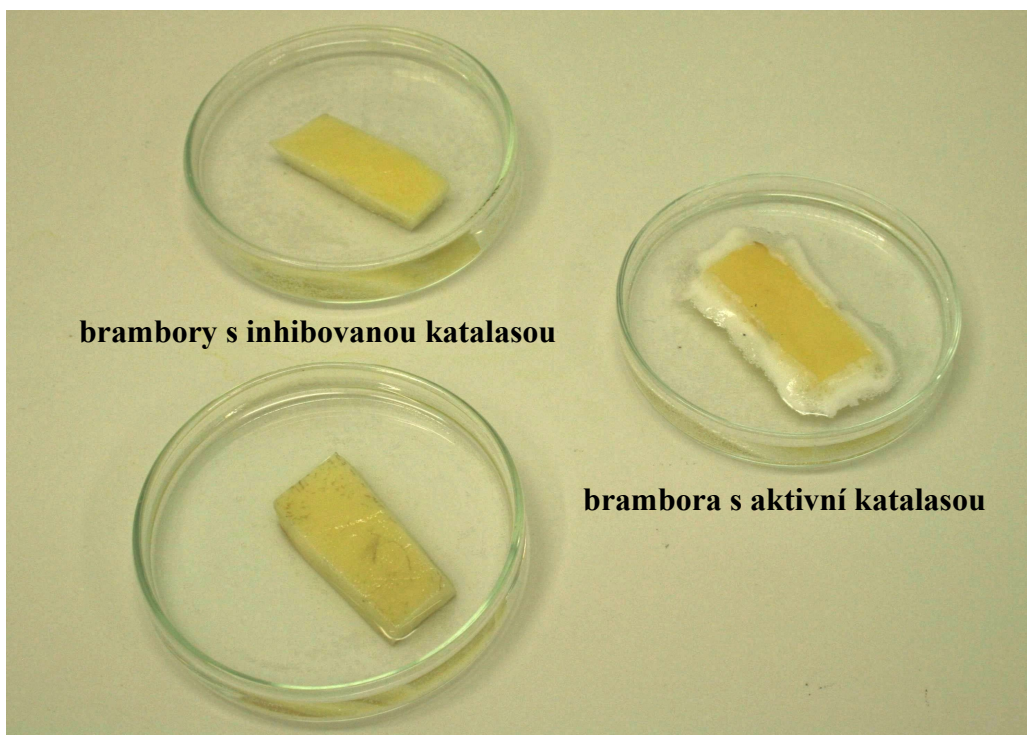
Obrázek č. 8 Schéma Marshovy zkoušky <sup>97</sup>

### Fotodokumentace

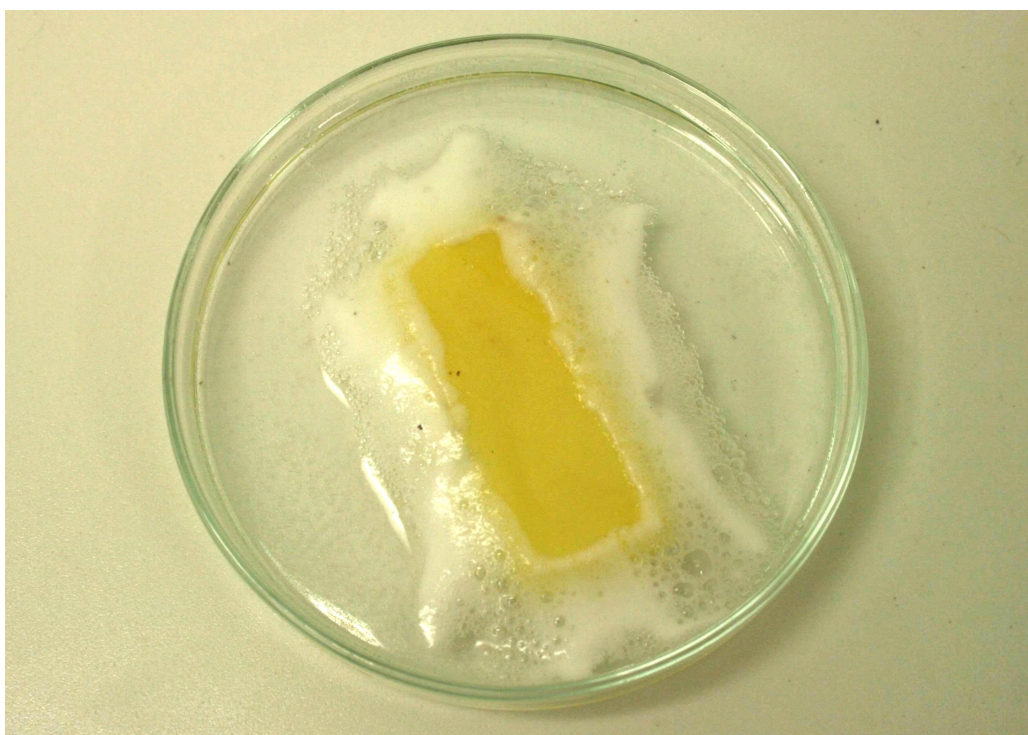


Obrázek č. 9 Schéma přípravy pokusu – vlevo je umístěna Petriho miska s vodou a brambory, následují dvě misky s roztoky chloridu rtuťnatého a dusičnanu stříbrného (inhibitory), vpravo jsou umístěny tři misky s roztokem peroxidu vodíku.





**Obrázek č. 10 Inhibovaná a aktivní brambora** – brambory, které byly v roztocích těžkých kovů mají inhibovanou katalasu, a proto nerozkládají peroxid vodíku, kdežto brambor, který byl pouze ve vodě peroxid vodíku rozkládá.



**Obrázek č. 11 Pracující katalasa** – brambora, která byla pouze ve vodě má aktivní enzym katalasu, který rozkládá peroxid vodíku na kyslík a vodu, což se projevuje výrazným šuměním.



#### 4.1.5 Laktosová intolerance

**Kapitola: Proteiny**  
**Klasifikace: L 2, 3**

##### Cíl úlohy

Seznámit žáky s laktosovou intolerancí a s funkcí enzymu laktasy formou samostatné laboratorní práce.

##### Úvod

Neschopnost vstřebávat laktosu, neboli mléčný cukr, vede k onemocnění, tzv. laktosové intoleranci, což je velmi nepříjemná reakce na přítomnost laktosy v zažívacím traktu. Typickými projevy jsou křeče, nadýmání, plynatost a průjem. Laktosa je disacharid, který se do organismu dostává v mléce a mléčných výrobcích a je také klíčovou složkou mateřského mléka, takže je nezbytně důležité, aby malé děti byly schopny laktosu vstřebávat. Organismus produkuje enzym laktasu, který katalyzuje rozpad laktosy na monosacharidy glukosu a galaktosu, které se snadno vstřebávají v tenkém střevě. Z důvodů, které zatím nejsou zcela jasné, se produkce laktasy u některých lidí zastaví ve věku dvou let. Jakmile se zastaví, může konzumace mléka a mléčných výrobků způsobit nepříjemné problémy<sup>62,63,64,66</sup>. Pro ty, kteří mají problémy vstřebávat laktosu, se prodává laktasa jako doplněk stravy v podobě tablet nebo kapek. Dále se vyrábějí mléka a mléčné výrobky, které laktosu vůbec neobsahují, např. v Čechách dostupné Minus L lactosefrei. Zajímavostí bezesporu je, že laktosovou toleranci, tedy schopnost vstřebávat laktosu, má minoritní část světa, především jsou to Evropané. Je to zapříčiněno mutací v genetickém kódu, která způsobila, že i dospělí lidé produkují laktasu. Ale například ve Spojených státech Amerických je z 305-ti milionů obyvatel 30-50 milionů intolerantních, v asijských zemích se laktosová intolerance projevuje u 90-100% populace, africké státy jsou na tom obdobně<sup>62,63,64,66</sup>.

V tomto pokusu budeme dokazovat přítomnost laktosy a to nepřímo za pomoci enzymu laktasy, který ji přemění na galaktosu a glukosu a právě glukosu chemicky stanovíme. Laktasa se dá koupit v podobě tablet nebo kapek v lékárně či specializovaném obchodě na výživu (např. [www.001shop.cz](http://www.001shop.cz), Laktáza 3500, cena 409 Kč za 30 tablet), stejně tak i testovací proužky na stanovení glukosy (např. [www.lekarna.cz](http://www.lekarna.cz), Diaphan, 119 Kč za 50 proužků). Upravená mléka se také dají zakoupit ve specializovaných obchodech (např. <http://www.vltava2000.cz/diety/default.asp?lngDepartmentID=56>).

Nejasná klasifikace obtížnosti tohoto pokusu L 2,3 je způsobena mnoha možnostmi, jak tento pokus pojmout.

Tato jednoduchá reakce se dá zkoumat z mnoha pohledů. Můžeme zkoumat vliv teploty a pH na reakci, respektive na enzym, můžeme stanovovat rychlostní konstanty reakce, dále můžeme zkoumat i jiná mléka a mléčné výrobky (bezlaktosové mléko, kozí mléko, ovčí mléko, kefir, syrovátku). Glukosa jde jistě stanovit i „chemičtější a přesnější cestou“ než jsou glukosové proužky. Níže popsany návod je pravděpodobně nejjednodušší variantou. Tento pokus dokazuje přítomnost laktosy ve vzorku, vysvětluje jednu z cest pro její kvantitativní určení a ukazuje pracující enzym.

##### Časová a experimentální náročnost

Cca 45 minut.

##### Chemikálie

Glukosa, kravské mléko, testovací proužky na přítomnost glukosy Diaphan, destilovaná voda, laktosové tablety (Laktáza 3500) .

### **Pomůcky**

Malé zkumavky, kádinky, skleněné tyčinky, třecí miska s tloučkem, lžička, váhy, stopky, papírky ke stanovení glukosy.

### **Postup**

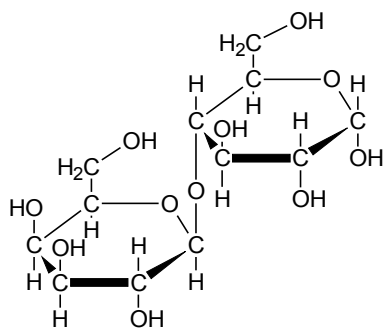
Nejprve připravíme kontrolní roztoky. Pozitivní kontrola je přibližně 2% vodný roztok glukosy. Ve zkumavce rozpustíme 2 g glukosy ve 100 ml vody. Pozitivní kontrolu využijeme k ověření, zda glukosové proužky reagují na přítomnost glukosy. Negativní kontrolou ověříme, že glukosové proužky nereagují s destilovanou vodou v nepřítomnosti glukosy. Provedeme test na přítomnost glukosy v souladu s návodem proužků. Pozorujeme a zaznamenáme jakékoliv změny. V případě, že proužek nereaguje s pozitivní kontrolou, či reaguje s negativní kontrolou, celý postup zopakujeme a pokusíme se najít chybu v postupu. Nyní stanovíme obsah glukosy ve vzorku mléka. Nalijeme 2 ml mléka do samostatné zkumavky a podrobíme je testu na přítomnost glukosy a výsledky zaznamenáme. Rozetřeme v třecí misce jednu tabletu laktasy. Do malé kádinky odlijeme 50 ml mléka a přidáme polovinu z rozetřeného množství laktasy. Dvě minuty kádinku zahříváme třením v rukách. Po dvou minutách opět odlijeme 2 ml do zkumavky a provedeme test na přítomnost glukosy a výsledky zaznamenáme, zahříváme další dvě minuty a celý postup zopakujeme. Stejný postup případně aplikujeme na bezlaktosové mléko a další vzorky.

### **Pozorování**

Čerstvé mléko neobsahuje glukosu, tedy papírek zůstane nezměněn nebo se změní jen nepatrně, což záleží na druhu mléka. Po přidání laktasy a dvouminutovém hřání v rukách se ve vzorku mléka objevila glukosa, jejíž přítomnost signalizuje zezelenání žlutého políčka testovacího proužku. Tímto jsme tedy nepřímo dokázali přítomnost laktasy. Množství glukosy vzniklé hydrolyzou laktasy je možné odečíst z barevné stupnice na tubě od papírků. Po dalších dvou minutách zahřívání v dlaních a provedení testu na přítomnost glukosy má papírek ještě tmavší zelenou barvu, což nasvědčuje zvýšení koncentrace glukosy. Necháme-li veškerou laktosu přeměnit na glukosu, můžeme pak určením celkového množství, resp. koncentrace, glukosy orientačně určit celkové množství, resp. koncentraci, laktosy ve vzorku

### **Vysvětlení experimentu** <sup>30,31,62,67</sup>

Kravné mléko obsahuje laktosu, tzv. mléčný cukr. Laktosa je disacharid složený z dvou monosacharidů a to z  $\alpha$ -D-glukopyranosy a  $\beta$ -D-galaktopyranosy. Přidáním enzymu laktasy, který katalyzuje hydrolyzu laktosy na monosacharidové jednotky, je možné dokázat její přítomnost na základě dokázání přítomnosti glukosy a zároveň je možné stanovit její orientační množství, resp. koncentraci ve vzorku.



O-β-D-galaktopyranosyl-(1-4)-β-D-glukopyranosa

**Obrázek č. 12 Laktosa** – disacharid tvořený z β-D-galaktopyranosy a α -D-glukopyranosy spojených β(1-4) vazbou <sup>31</sup>.

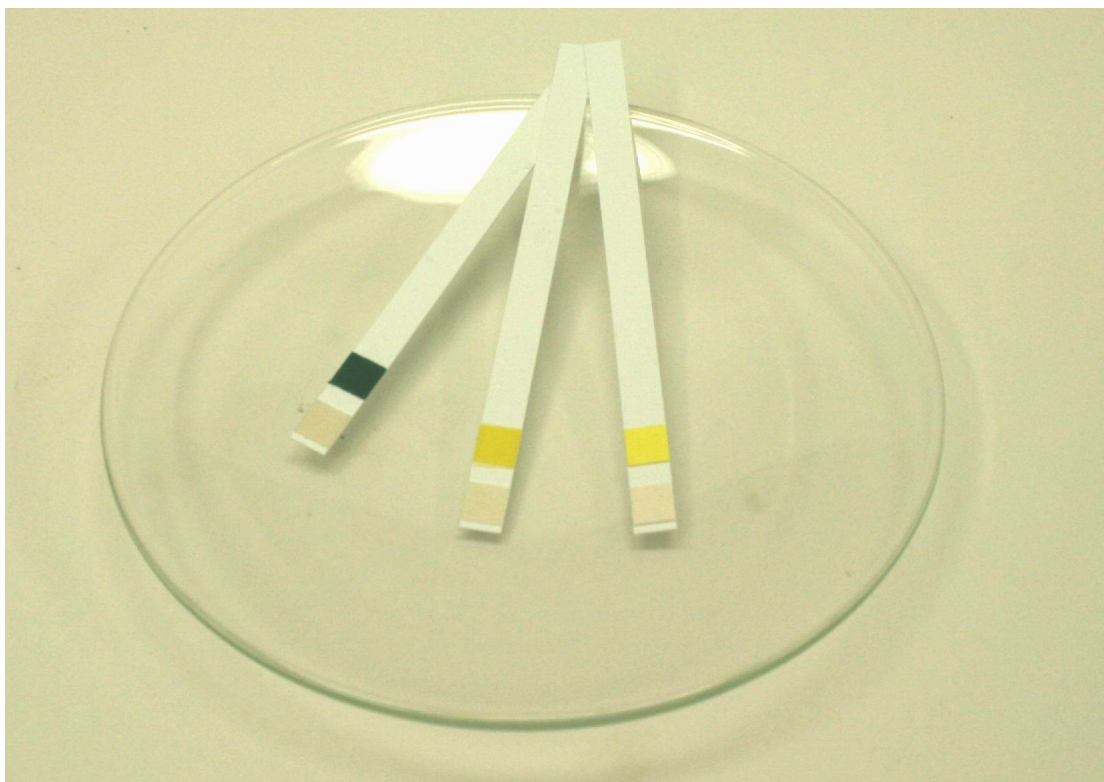
### Diskuze

Biochemické pokusy patří k nejméně prováděným pro svou značnou teoretickou i praktickou náročnost. Námět na tento, dle mého názoru velmi pěkný, experiment jsem získal z několika zahraničních zdrojů <sup>62,63,64</sup>, v české literatuře jsem ho nikde nenalezl. Návody jsem přeložil, upravil a sjednotil, didakticky zpracoval pro střední školy. Pokus jsem provedl a pořídil fotodokumentaci.

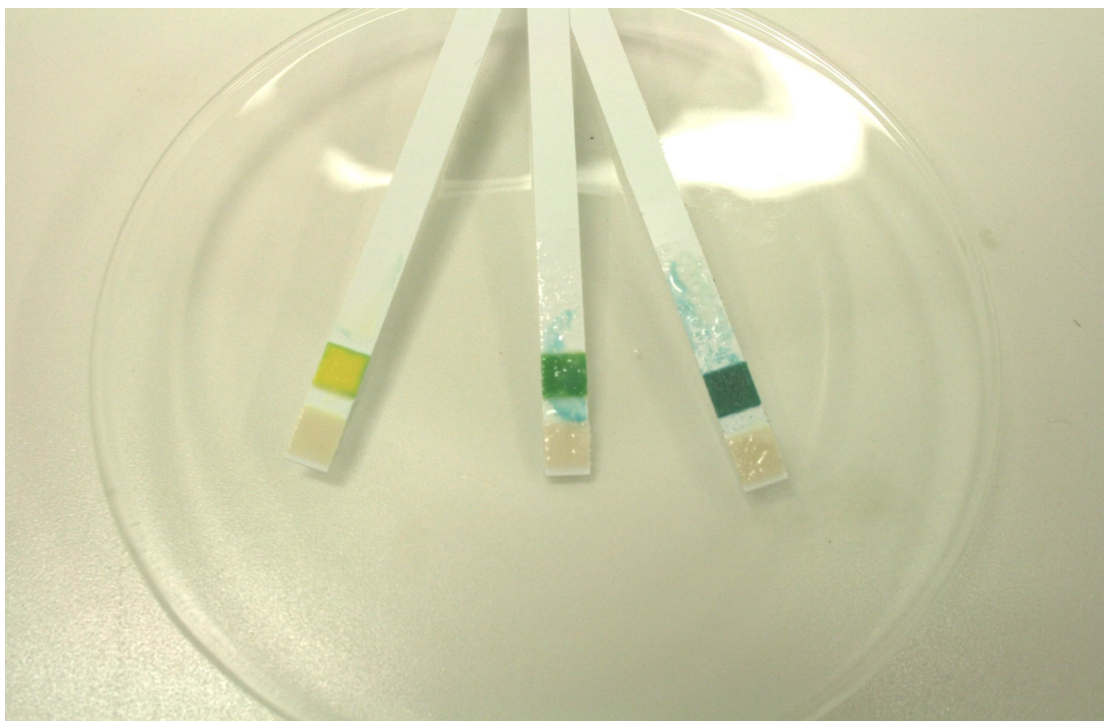
### Fotodokumentace



**Obrázek č. 13 Příprava experimentu** – pozitivní kontrolní 2 % vodný roztok glukosy, mléko, negativní kontrolní roztok destilované vody, laktasové tablety a glukosové papírky.



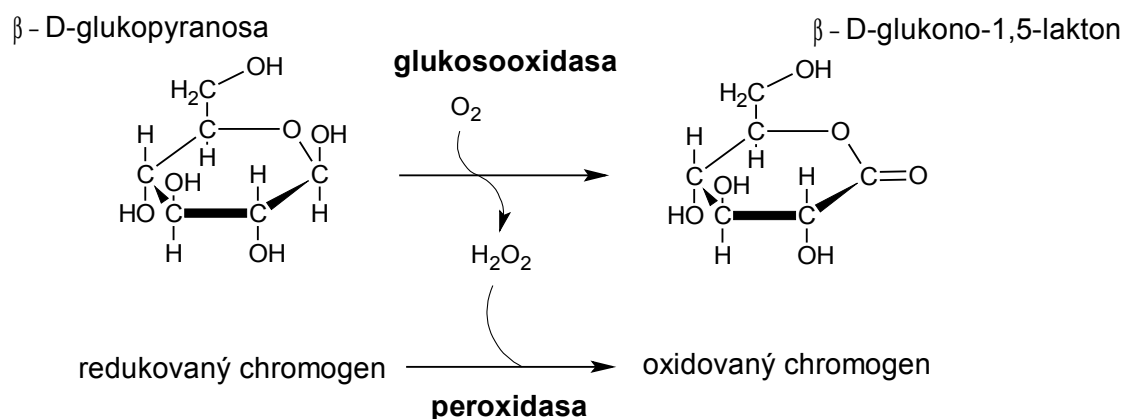
**Obrázek č. 14** Ověření funkčnosti papírků – vlevo papírek namočený do pozitivní kontroly, uprostřed papírek namočený do negativní kontroly, vpravo nepoužitý papírek pro srovnání. Na základě odstínu zeleného zabarvení políčka se určí přibližný obsah glukosy a tedy zprostředkovaně i laktosy.



**Obrázek č. 15** Působení laktasy – vlevo je papírek namočený do čerstvého mléka, uprostřed je papírek po dvouminutovém působení laktasy v mléce za zahřívání v dlaních, vpravo je papírek po čtyřminutovém působení laktasy v mléce za zahřívání v dlaních.

### Motivační text o enzymatickém stanovení některých látek

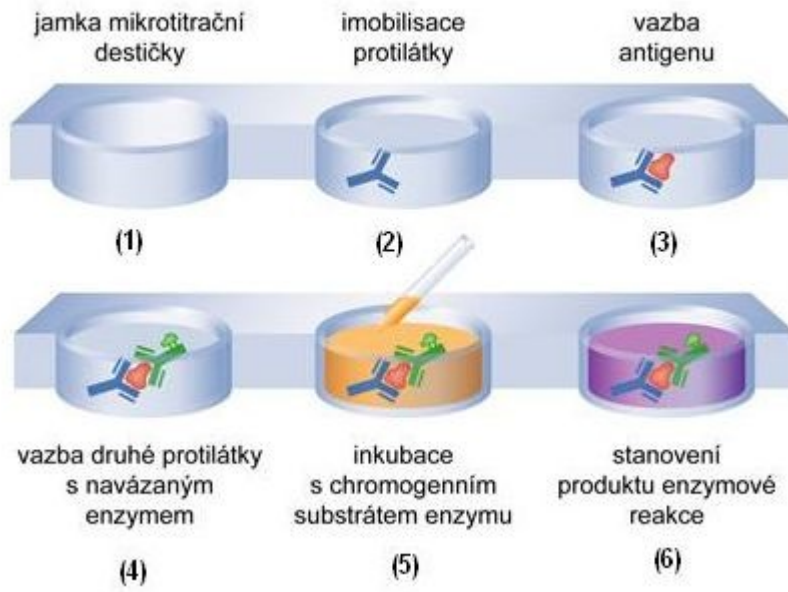
V této úloze se používají testovací proužky, které dovolují určit přibližnou koncentraci glukosy v roztoku. Jak ale takové proužky fungují? Princip je poměrně jednoduchý. Na malém políčku jsou imobilizovány dva enzymy. Prvním je glukosooxidasa, která katalyzuje přeměnu  $\beta$ -D-glukosy na D-glukolakton, jak je vidět na obrázku č. 16. Při této reakci se spotřebovává kyslík a uvolňuje se peroxid vodíku, který je substrátem pro druhý enzym peroxidasa, která katalyzuje přeměnu peroxidu vodíku na vodu za současné oxidace dalšího substrátu<sup>3</sup>. Toto je jeden ze způsobů, kterým se organismus zbavuje nebezpečného peroxidu vodíku. Na testovacích proužcích je jako druhý substrát pro peroxidasu fixován nějaký chromogen, např. 2,2-azinobis(3-ethylbenzthiazolin-6-sulfonát), látka, která je v redukovaném stavu bezbarvá a v oxidovaném barevná. Jelikož je množství redukovaného peroxidu vodíku přímo úměrné množství přeměněné glukosy, tak i intenzita zabarvení políčka vzniklá oxidovaným chromogenem je úměrná tomuto množství. Porovnáme-li zabarvení políčka s barvou políček, které měly dříve naměřené roztoky o známé koncentraci (barevná škála je obvykle přiložena k testovacím proužkům už od výrobce), je možné dle odstínu barvy určit přibližnou koncentraci glukosy v roztoku.



**Obrázek č. 16** Reakční schéma testovacích proužků<sup>3</sup>

Enzymatické stanovení různých látek má v současné době velké uplatnění. Představím zde jednu z nejrozšířenějších metod zvanou ELISA z anglického enzyme-linked immunosorbent assay, viz obrázek č. 17. V prostoru skleněné jamky (1) je imobilizována protilátka A (2). Poté je na protilátku A navázán antigen (3), jehož koncentraci obvykle určujeme. V dalším kroku se na komplex protilátka A-antigen naváže další protilátka B s navázaným enzymem (4), který katalyzuje chemickou přeměnu látky (chromogenu), který je přidán do reakční směsi (5). Enzym navázaný na protilátku B přeměňuje chromogen na produkt, který je barevný a stanovuje se spektrofotometricky (6), což je podobný princip jako u testovacích proužků. Protilátka B s navázaným enzymem potřebuje pro svoje navázání komplex protilátka A-antigen a tedy množství funkčních komplexů protilátka A-antigen-protilátka B-enzym je přímo úměrné množství přítomného antigenu. Z toho vyplývá, že odstín barvy výsledného roztoku vzniklý enzymatickým rozkladem chromogenu bude také úměrný množství antigenu. Takovýmto nebo obdobným způsobem lze stanovit celou řadu zejména organických látek v případě, že existuje vhodný enzym a chromogen. Krom stanovení glukosy, které jsme využili laboratorní úloze, a mnoha dalších aplikací se podobná metoda používá např. při těhotenských testech<sup>12,76</sup>.





Obrázek č. 17 Princip metody ELISA <sup>76</sup>

#### 4.1.6 Xanthoproteinový test

**Kapitola: Proteiny**  
**Klasifikace: D**

##### Cíl úlohy

Dokázat přítomnost aromatických aminokyselin v proteinech.

##### Úvod

Tato úloha je vzhledem k použité koncentrované kyselině dusičné demonstrační. Princip reakce je založen na nitraci postranních aromatických řetězců aminokyselin za vzniku žlutě zbarvených produktů. Pokus může být předveden během výkladu o nitrosloučeninách, či proteinech. Já tento pokus provádím s vaječným bílkem, ve kterém zbarvením dokáží přítomnost aromatických aminokyselin, dále s alaninem - nezbarví se, tyrosinem - zbarví se a prolinem, jakožto aminokyselinou, přesněji iminokyselinou, která obsahuje kruh, ale ne aromatický, takže se nezbarví.

##### Časová a experimentální náročnost

Cca 20 minut.

##### Chemikálie

Alanin, tyrosin, prolin, vaječný bílek, 65% HNO<sub>3</sub>, voda.

##### Pomůcky

4 kádinky (250 ml), 1 kádinka (1000 ml), 4 skleněné tyčinky, odměrný válec, váhy.

##### Postup

Příprava roztoku č. 1. Do 250 ml kádinky vlijeme 100 ml vařící vody, přidáme 0,05 g prolinu a 100 ml konc. kyseliny dusičné.

Příprava roztoku č. 2. Do 250 ml kádinky vlijeme 100 ml vařící vody, přidáme 0,05 tyrosinu a 100 ml konc. kyseliny dusičné.

Příprava roztoku č. 3. Do 250 ml kádinky vlijeme 100 ml vařící vody, přidáme 0,05 alaninu a 100 ml konc. kyseliny dusičné.

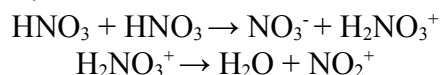
Příprava roztoku č. 4. Do 250 ml kádinky vlijeme 100 ml teplé vody, 20 ml vaječného bílku a 100 ml konc. kyseliny dusičné. Bílek musíme přidávat opatrně, aby nezdenaturoval.

##### Pozorování

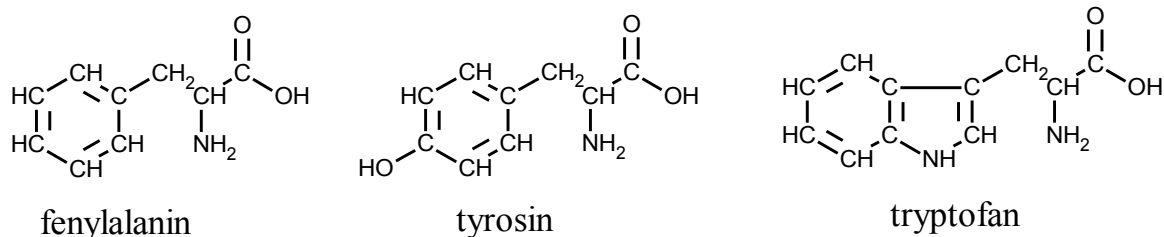
Roztok číslo jedna zůstává bezbarvý, roztok číslo dvě je žlutý, roztok číslo tři je bezbarvý a roztok číslo čtyři je sytě žlutý.

##### Vysvětlení experimentu

Působením kyseliny dusičné dochází k nitraci aromatických kruhů, které obsahují některé aminokyseliny<sup>12</sup>. Jedná se o elektrofilní substituci. Elektrofilní částicí je kation NO<sub>2</sub><sup>+</sup>, který vzniká následujícími reakcemi:



Nitroderiváty aromatických aminokyselin jsou žluté. Protože většina proteinů obsahuje aromatické aminokyseliny, lze tento test použít i jako důkaz přítomnosti proteinů. Např. proteiny vaječného bílku obsahují fenylalanin, tyrosin i tryptofan<sup>71,72</sup>.



**Obrázek č. 18 Aromatické aminokyseliny obsažené v proteinech vaječném bílku.**

### Diskuze

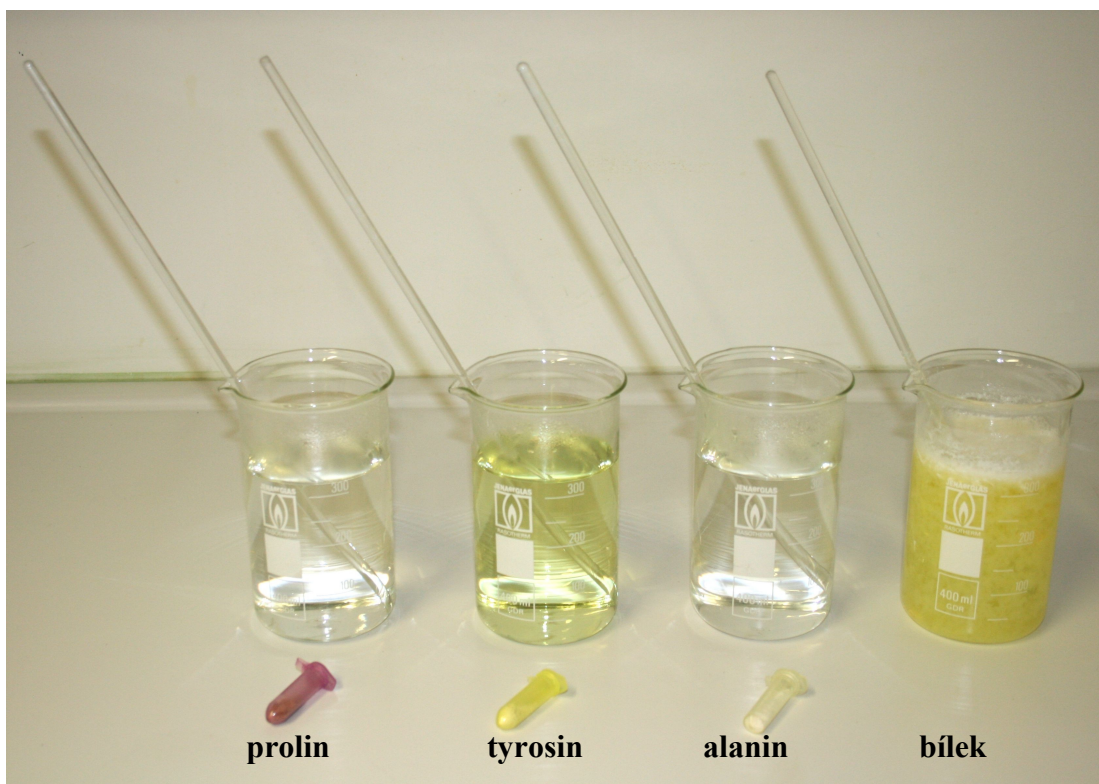
Xantoproteinový test patří k běžně prováděným úlohám. V literatuře jak české tak zahraniční lze nalézt mnoho variant provedení xantoproteinového testu. Já jsem vycházel z postupu uvedeném na stránkách německé Universität Regensburg<sup>50</sup>. V mém provedení jsem využil vaječný bílek, aminokyselinu s alifatickým postranním řetězcem alanin, aminokyselinu s aromatickým postranním řetězcem tyrosin, což je běžně uváděné a dále jsem provedl xantoproteinový test s aminokyselinou, která má v postranním řetězci nearomatický kruh prolin. Žáci tak mohou vzájemně porovnat výsledky experimentu se třemi různými aminokyselinami a s proteinem. Dále jsem pokus doplnil o vysvětlení vzniku elektrofilní částice, didakticky zpracoval a pořídil fotodokumentaci.

### Fotodokumentace



**Obrázek č. 19 Aminokyseliny – ve fialové Eppendorfově zkumavce je aminokyselina prolin, ve žluté tyrosin a v bílé alanin.**



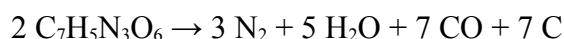


**Obrázek č. 20 Výsledek xanthoproteinového testu** – roztoky aminokyselin s nearomatickým postranním řetězcem zůstaly bezbarvé, roztok aminokyseliny s aromatickým postranním řetězcem zežloutl vzniklými nitroderiváty, stejně tak zežloutl roztok bílku.

### **Motivační text o výbušninách**

I velezkušený chemik pracující s kyselinou dusičnou s rukavicemi, v plášti a brýlích (**vždy v brýlích!**) odchází ze svého pracovního místa s estetickými žlutými fleky na rukách, ve kterých si během své práce xanthoproteinovým testem mimoděk dokázal přítomnost bílkovin.

Nitrace, kterou jsme použili k důkazu proteinu, se řadí k substitucím elektrofilním a je jedním z nejčastějších syntetických způsobů, jak do organických sloučenin zavést dusík. Nitroskupina se může dále redukovat na aminoskupinu nebo poměrně snadno podléhá jiným, složitějším, typům reakcí<sup>15</sup>. Některé typy nitrosloúčenin jsou již po mnoho let používány jako výbušniny. Principy výbuchů, ač se tyto procesy jeví poměrně jednoduše, jsou velmi složité. Rychlosti výbušných reakcí jsou vysoké, a proto jsou jejich mechanismy pro naše bližší zkoumání nedostupné. Výbušná látka se rozpadne na jednodušší části, které se posléze přemění ve velké množství stabilních plynů, jako jsou dusík, oxid uhličitý a voda<sup>16</sup>. Následkem takové expanze je tlaková vlna, která svojí silou a energií smete vše, na co narazí. Například výbušná nitrosloúčenina TNT (2,4,6-trinitromethylbenzen) uvedená na obrázku č. 21 se rozkládá dle rovnice<sup>1</sup>

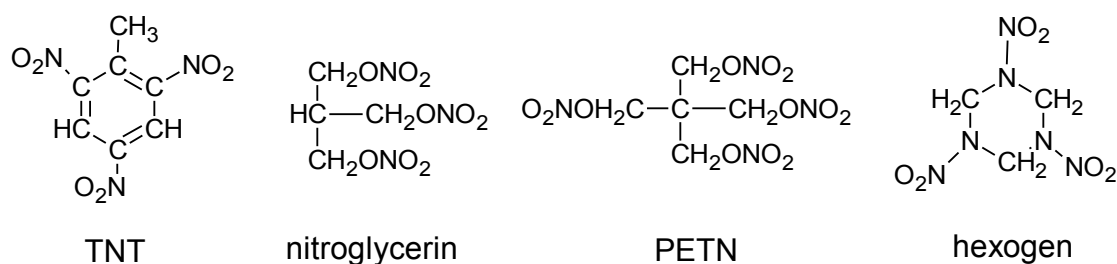


Tedy ze dvou molů pevné krystalické látky vznikne 15 molů plynů za uvolnění velkého množství tepla.

Asi nejslavnější výbušninou je dynamit, jehož hlavní složka nitroglycerin není přímo nitrosloúčeninou, ale je to ester kyseliny dusičné a glycerolu. Dynamit byl jedním asi ze tří

sek patentů švédského průmyslníka Alfreda Bernharda Filipa Nobela. Práce na dynamitu zabrala Nobelovi pět let. Řešil nesnadný úkol, jak využít trhacích účinků nitroglycerinu a přitom snížit jeho nebezpečnou výbušnost. Nakonec řešení našel. Nechal nitroglycerin vsáknout do křemičitého prášku vyrobeného ze schránek rozsivek. Jedním z prvních použití, kde se ukázala výjimečnost dynamitu, bylo prorážení železničního tunelu sv. Gottharda v Lepontských Alpách, který byl ještě na počátku 20. století nejdelší ze všech evropských tunelů. Své objevy Nobel uplatnil v devadesáti továrnách a firmách dvaceti zemí pěti kontinentů. Od roku 1870 měl dynamitku také u nás. Tovární budovy v Praze za Starými Bohnicemi ještě stojí, ale dynamit se tam však už od začátku dvacátých let minulého století nevyrábí<sup>9,13</sup>.

Ze sloučenin obsahujících skupinu  $-\text{NO}_2$  se v dnešní době používají jako výbušniny, především TNT, PETN a hexogen<sup>15</sup>.



**Obrázek č. 21 Výbušniny** – TNT (2,4,6-trinitromethylbenzen), nitroglycerin (glycerol-trinitrát) PETN (pentaerythritol-tetranitrát), hexogen (1,3,5-cyklotrimethyltrinitramin)<sup>15</sup>.

#### 4.1.7 Biuretový test

**Kapitola: Proteiny**

**Klasifikace: L 2**

##### Cíl úlohy

Dokázat přítomnost proteinů v roztoku a aminokyselin v roztoku biuretovým testem. Dokázat tvorbu komplexů mědnatých kationtů s aminokyselinami a s proteiny.

##### Úvod

Biuretový test je velmi snadná analytická metoda zjišťující přítomnost a množství proteinu, proto ji lze použít pro kvantitativní fotometrické stanovení celkové koncentrace proteinu. Laboratorní úloha je vhodná jako doplnění učiva o proteinech, aminokyselinách a peptidové vazbě.

##### Časová a experimentální náročnost

Cca 30 minut.

##### Chemikálie

Vodný roztok hydroxidu sodného ( $c = 1 \text{ mol/dm}^3$ ), vodný roztok pentahydrátu síranu mědnatého ( $c = 1 \text{ mol/dm}^3$ ), glycin, chlorid sodný, vaječný bílek, destilovaná voda.

##### Pomůcky

4 kádinky (500 ml), 2 kádinky (50 ml), 1 kádinka (200 ml) odměrný válec (100 ml), 2 odměrné pipety (5 ml), 1 odměrná pipeta (10 ml), nasávací balónek, 3 skleněné tyčinky

##### Postup

Příprava roztoku č. 1. Do 500 ml kádinky nalijeme 400 ml destilované vody, z pipety přidáme 5 ml vodného roztoku síranu mědnatého a 5 ml vodného roztoku NaOH. Takto jsme připravili světle modré činidlo, s kterým budeme porovnávat další roztoky.

Příprava roztoku č. 2. Do 500 ml kádinky nalijeme 400 ml destilované vody, přidáme lžičku glycinu a 5 ml vodného roztoku síranu mědnatého a 5 ml vodného roztoku NaOH.

Příprava roztoku č. 3. Do 200 ml kádinky umístíme 15 g chloridu sodného a rozpustíme ve 150 ml destilované vody. V takto připraveném roztoku rozmícháme vaječný bílek. Do 500 ml kádinky nalijeme 400 ml destilované vody, 30 ml připraveného solného roztoku vaječného bílku, 20 ml vodného roztoku pentahydrátu síranu mědnatého a 40 ml vodného roztoku NaOH.

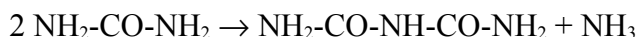
##### Pozorování

Roztok č. 1 má světle modrou barvu, roztok č. 2 obsahující glycin má tmavší modrou barvu a roztok č. 3 obsahující vaječný bílek má velmi tmavě modrou barvu.

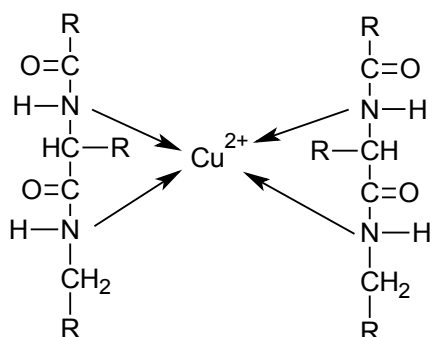
##### Vysvětlení experimentu

Vaječný bílek je složen z následujících proteinů - ovalbumin (54 hm.%), conalbumin (hm.12%), ovomucoid (hm.11%), ovomucin (hm. 1,5 - 1,3%), lysozym (hm.3,4%) a ovoglobuliny (hm.8%)<sup>3</sup>, které jsme dokázali biuretovým testem.

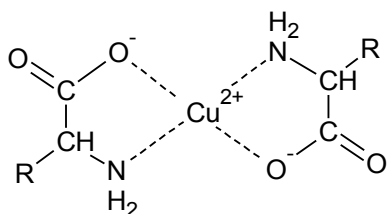
Biuretový test je nazván po sloučenině, která vznikne spojením dvou molekul močoviny za uvolnění amoniaku <sup>2</sup>.



Biuret tvoří, stejně jako peptidy, proteiny a volné aminokyseliny modrofialově zbarvené chelátové komplexy s mědnatými kationty. Chelátový komplex je označení pro komplexní sloučeninu, ve které se jeden ligand váže dvěma nebo více donorovými atomy k centrálnímu atomu. V našem případě proteinu se tedy na centrální atom mědi, resp. mědnatý kation, váží dvě peptidová vlákna, každé dvěma volnými elektronovými páry atomů dusíku. V případě aminokyselin se vážou na centrální atom mědi, resp. mědnatý kation, dvě aminokyseliny svými volnými elektronovými páry na atomech dusíku a kyslíku. Zásadité prostředí hraje při biuretovém testu významnou roli. V prostředí s vysokým pH není aminoskupina protonována, a proto má volný elektronový pár pro vazbu na mědnatý kation. Aby proteiny byly prokazatelné biuretovým testem, musí mít minimálně dvě peptidové vazby <sup>2</sup>.



**Obrázek č. 22 Chelátový komplex** – schéma komplexu, který tvoří proteiny s mědnatými kationty <sup>49</sup>.



**Obrázek č. 23 Komplex volných aminokyselin s mědnatým kationtem** – na mědnatý kation se koordinují volné elektronové páry kyslíku, resp. dusíku z karboxylové, resp. aminoskupiny <sup>49</sup>.

### **Diskuze**

Biuretový test je poměrně známý pokus, který je popsán v mnoha variantách. Já uvádím podle mě nejzdařilejší variantu, kterou má na svých stránkách německá Universität Regensburg <sup>49</sup>. Pokus jsem přeložil, vypracoval postup, který je na německých stránkách uveden velmi stručně, doplnil o podrobné vysvětlení, včetně vysvětlení pojmu chelát a uvedení přípravy biuretu, didakticky zpracoval a pořídil fotodokumentaci.



## Fotodokumentace



**Obrázek č. 24 Příprava experimentu** – zleva aminokyselina glycin, vodný roztok vaječného bílku, vodný roztok pentahydrátu síranu mědnatého, vodný roztok hydroxidů sodného.



**Obrázek č. 25 Výsledek experimentu** – v levé kádince je světle modré činidlo, prostřední kádinka obsahuje roztok modrého komplexu glycinu s mědnatými ionty, v pravé kádince je roztok modrého komplexu vaječných proteinů s mědnatými ionty.

### **Motivační text o absorbanci** <sup>16,29</sup>

Intenzita zabarvení při biuretové reakci je úměrná počtu peptidových vazeb účastnících se reakce. Čím více peptidových vazeb, čili čím více proteinu, tím intenzivnější bude zabarvení roztoku. Díky této vlastnosti lze velmi snadno zjistit koncentraci proteinu. Jak se takové měření provádí? Barevné roztoky pohlcují určitou složku světla, a proto mají barvu světla doplňkové barvy. Stejný fenomén můžeme pozorovat u rostlin, které pro fotosyntézu pohlcují červené světlo, takže se jeví zelené, protože právě zelená je doplňková barva k červené. Mírou pohlcení světla určité vlnové délky je veličina absorbance  $A$ , která umožňuje určit koncentraci zkoumaného barevného roztoku. Nejprve se pokusme přesněji vymezit a pochopit pojem absorbance  $A$ . Každá molekula má svou specifickou strukturu a tedy i specifické rozložení elektronů a vazeb. Když na tuto molekulu posvítíme zářením, elektrony umístěné na různých energetických hladinách dokáží přijmout jen určité složky záření o přesně dané frekvenci, resp. energii a excitují se na vyšší energetické hladiny. Poté, co záření projde vzorkem chemické látky, budou v něm chybět právě ty složky určitých frekvencí, které vzorek pohltí. Frekvence, resp. vlnové délky, které látka absorbuje se nazývají absorpční spektrum látky. Protože každá molekula má jiné elektronové rozložení, bude absorbovat záření různých vlnových délek, a proto je pro ni její absorpční spektrum charakteristické. Velikost absorpce, čili množství absorbovaného záření určité vlnové délky se vyjadřuje pomocí veličiny absorbance  $A$ , která je definovaná vztahem  $A = -\log I/I_0$ , kde  $I$  je intenzita světla prošlého vzorkem,  $I_0$  intenzita světla dopadajícího na vzorek. Dále platí tzv. Lambertův – Beerův zákon.  $A = \varepsilon \cdot c \cdot L$ , kde  $\varepsilon$  je molární absorpční koeficient dané látky při dané vlnové délce měření,  $c$  je koncentrace roztoku a  $L$  je tloušťka květy. Právě tohoto vztahu se využívá při kvantitativním stanovení proteinů. Se vzorky o známé koncentraci proteinu, tzv. standardy, a se vzorkem, jehož koncentraci chceme zjistit, se provede biuretový test a na přístroji zvaném spektrofotometr se změří jejich absorbance. Měření se obvykle provádí při jedné vlnové délce, při které má daná látka nejvyšší absorbanci. Ze zjištěných absorbancí standardů se sestrojí kalibrační přímka (závislost absorbance na koncentraci je dle Lambert-Beerova zákona lineární), resp. graf závislosti absorbance na koncentraci, ze kterého je poté možné na základě znalosti absorbance neznámého roztoku určit koncentraci proteinu v tomto vzorku.

## 4.2 KURIOZITY

### 4.2.1 Obecný úvod ke kuriozitám

Tato kapitola možná svým obsahem přesahuje rámec střední školy. Ale jak se uvádí v odborné didaktické literatuře, kromě perfektně propracované učební látky a učebního plánu, dobře strukturovaného výkladu a dalších metod vyučování, je nutné žáky nadchnout a motivovat pro předmět. Pokusy zařazené do této kapitoly jsou proto především motivačního charakteru, z hlediska náročnosti provedení jsou většinou demonstračního typu.

K tématu Kuriozity jsem zařadil čtyři pokusy. První pokus, Krevní katalasa, má návaznost na předchozí kapitolu o proteinech. Jedná se o demonstrační pokus, ve kterém se působivým rozkladem peroxidu vodíku dokáže přítomnost katalasy v krvi.

Druhý pokus ukazuje chemickou oscilační reakci. Tedy takovou reakci, při které se v čase cyklicky mění koncentrace reagujících látek. Tento typ reakce je předmětem zájmu řady vědeckých pracovišť, neboť probíhají v kontrolovaných podmínkách, což umožňuje jejich detailní studium. Získané výsledky se poté používají ke studiu jiných oscilačních reakcí, které probíhají v živých organismech. Oscilačním průběhem se např. řídí hladiny hormonů v těle apod.<sup>37</sup> První poznatky o oscilujících systémech přinesl výzkum Roberta Boylea již koncem 17. století. Boyle pozoroval světelné záblesky při oxidaci fosforu. První oscilující reakci v roztoku pozoroval v roce 1921 W. Bray, když zkoumal mechanismus rozkladu peroxidu vodíku za katalýzy jodičnanem. Zpozoroval, že hnědé zbarvení roztoku vznikajícím jodem se periodicky objevuje a mizí a že kyslík je periodicky produkován v pravidelných intervalech<sup>37</sup>. Jeho reakce a obdobná reakce objevená B. P. Bělousovem byla vědeckou veřejností odmítána. Vědci v ní totiž spatřovali chemickou obdobu perpetua mobile a tedy ji zavrhlí, protože byla v rozporu s tehdejšími výklady termodynamiky. Změnu v názorech způsobil až v roce 1955 I. Prigogine, který vysvětlil, že oscilace existovat mohou a to v systémech, které jsou díky výměně hmoty nebo energie s okolím udržovány mimo od termodynamické rovnováhy<sup>37</sup>. Tento pokus je pro svou technickou náročnost klasifikován jako demonstrační.

Třetí pokus je také typem oscilační reakce, která však vychází z mechanismu oscilace podle Bělousova a Žabotinského. Je mnohem snazší na provedení než oscilace v druhém pokusu, proto je tento pokus klasifikován jako L 2.

Čtvrtý pokus z této kapitoly je nazván Kouřová bomba. Nejedná se samozřejmě o výbušninu, ale o velmi jednoduchou dýmovnici. Příprava této dýmovnice je snadná, z běžně dostupných chemikálií. Tento pokus je klasifikován jako demonstrační. Je důležité, aby pedagog, který se rozhodne pokus zařadit, upozornil žáky na bezpečnost práce a správné chování s takovými předměty, ať už z morálního nebo legislativního hlediska. V dnešní době je možné na internetu nalézt návody na snadnou přípravu velmi nebezpečných látek, jedů a dalších prostředků, s kterými by žáci bez vedení odborníkem rozhodně neměli přijít do styku. Tyto návody bývají z velké části chybné a neupozorňují na různá rizika, která při přípravě takovýchto látek hrozí. Je tedy nutné, dle mého názoru, žáky před tímto nebezpečím varovat.

Původně jsem zařadil i demonstrační pokus Opožděný kouř, který je uveden např. v *Chemical Curiosities*<sup>21</sup>, str. 52. pokus č. 22 B. Principem tohoto pokusu je reakce anilinu s dibenzoylperoxidem za vzniku velkého množství bílého dýmu. Bohužel se mi nepodařilo tento pokus provést. Pokus jsem prováděl jak s anilinem p.a, tak s běžnějším začernalým anilinem, ale ani s jedním se mi nepodařilo docílit kýžené reakce. Dalším mým nezdarem byl octan sodný. V tomto pokusu by se měl připravit krystalický trihydrát octanu sodného,

který by se nechal roztát a zůstal by v podobě podchlazené kapaliny. Poté by se měla iniciovat krystalizace, např. párátkem. Tání octanu sodného bylo problematické, protože se mi vždy na chladnějších částech kádinky tvořily krystalky, tedy nebylo možné dosáhnout podchlazené kapaliny. Dosáhnout celkového roztátí je pravděpodobně možné v sušárně nebo velmi opatrně ve vodní lázni, ale tyto postupy mi přijdou zdlouhavé, proto jsem tento pokus zavrhl a neuvádím jej.



## 4.2.2 Krevní katalasa

**Kapitola: Kuriozity**  
**Klasifikace: D**

### Cíl úlohy

Demonstrovat enzymový rozklad peroxidu vodíku enzymem katalasou obsaženým v krvi.

### Úvod

Učivo o proteinech a enzymech je velmi složité jak pro učitele, tak pro jeho žáky. Cílem tohoto demonstračního pokusu je upoutat pozornost žáků, či je odměnit za jejich práci v hodině. Pokus je velmi působivý, jak použitými látkami - KREV!, tak neočekávaným průběhem.

### Časová a experimentální náročnost

Cca 15 minut. Reakci je nutné předem pečlivě ověřit, zejména z důvodu zvolení správné velikosti nádoby, do které sléváme roztoky.

### Chemikálie

30% vodný peroxid vodíku, krev (vepřová, hovězí)

### Pomůcky

Krystalizační miska, dvě kádinky (50 ml), dvě odměrné pipety (10 ml), balónek

### Postup

Do jedné kádinky umístíme 15 ml krve, do druhé kádinky 15 ml 30% vodného roztoku peroxidu vodíku. Obě tekutiny najednou vlijeme do krystalizační misky.

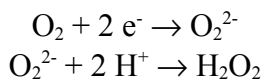
### Pozorování

Směs okamžitě vzkypí a vyplní krystalizační misku. Část krve se vybělí.

### Vysvětlení experimentu

Enzym katalasa obsažený v krvi rozkládá pro buňky nebezpečný peroxid vodíku na vodu a kyslík<sup>67,76</sup>. Uvolňované plyny způsobí vzkypění směsi, proteiny buněk jsou denaturovány a část krevního barviva hemoglobinu je zničena, což způsobí zblednutí.

Peroxid vodíku, který katalasa odstraňuje, vzniká v organismu zcela přirozeně, např. v dýchacím řetězci mitochondrií. V případě, že cytochromoxidasa nepředá molekule kyslíku čtyři elektrony ale jen dva, dojde k částečné redukci molekuly kyslíku na peroxid vodíku<sup>76</sup>.



### **Diskuze**

Tento pokus je uveden v Chemical Curiosities <sup>21</sup> a na stránkách německé Universität Regensburg <sup>53</sup>, v české literatuře jsem ho nikde nenalezl. Návod na experiment jsem přeložil, vyzkoušel a rozhodl jsem se pro upravení množství krve a peroxidu vodíku. Dále jsem pokus didakticky zpracoval a doplnil o podrobnější vysvětlení. Rovněž jsem pořídil video-záznam tohoto experimentu.

### **Fotodokumentace**



**Obrázek č. 26 Výsledek experimentu** – krevní katalasa rozložila peroxid vodíku na plyny, které způsobily vzkypaní směsi. Část krevního barviva hemoglobinu se působením peroxidu vodíku rozložila, což způsobilo částečné vybělení krve.

Mnou pořízený videozáznam, který daleko lépe než uvedená fotografie demonstruje tento experiment je na CD přiloženém k diplomové práci.

### **Motivační text o OEC-komplexu rostlin** <sup>18,92</sup>

Jak již bylo výše zmíněno, katalasa rozkládá peroxid vodíku na vodu a kyslík. Kdyby to nedělala, tak by velmi reaktivní peroxidové částice, či kyslíkové radikály, mohly buňku nenávratně poškodit. Existuje ještě nějaký jiný způsob, jak buňku uchránit před potencionálně nebezpečnými formami kyslíku? Ano a hned několik. Kromě katalasy existuje celá řada jiných enzymů patřících do oxidoreduktas, které oxidují substrát peroxidem vodíku za vzniku oxidovaného substrátu a vody. Takovýto enzym je např. peroxidasa, které se využívá např. při laboratorním stanovení koncentrace glukosy. Jiný způsob, jak se vyvarovat nebezpečných peroxidových částic představuje OEC - komplex, který najdeme u vyšších rostlin. Tento proteinový komplex je spojen s fotosystémem II. Zkratka OEC pochází z anglického Oxygen Evolving Complex, tedy kyslík uvolňující komplex. Jak již název napovídá, tak právě zde dochází k fotolýze vody (tzv. Hillově reakci), která je významným prvkem fotosyntézy. V průběhu této reakce se voda rozkládá na elektrony, které procházejí fotosystémy, na protony, které se uvolňují do lumenu thylakoidu a budou využity později a na kyslík, který dýcháme. Jak ale získat elektrony z vody, tak aby nevznikl nebezpečný kyslíkový radikál? Příroda to vyřešila geniálně. Komplex OEC díky své struktuře složené ze čtyř iontů odvozených od Mn a stabilizaci ionty  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Cl}^-$  dokáže přijmout až čtyři elektrony, tedy se vyskytuje v pěti oxidovaných stavech označovaných  $\text{S}_0$  až  $\text{S}_4$ . Index u písmene S označuje počet elektronů, které komplex již předal to fotosyntetického řetězce. OEC komplex prostřednictvím atomů manganu reaguje rovnou se dvěma molekulami vody, kterým odebere  $4 e^-$  a přejde ve stav plně redukovaný  $\text{S}_0$ . Současně vznikne molekula kyslíku a  $4 \text{H}^+$ .



Reakcí se dvěma molekulami vody najednou se rostlina vyhnula vzniku reaktivních forem kyslíku s lichým počtem elektronů a zároveň získala možnost částečně regulovat fotosyntézu.

### 4.2.3 Oscilační reakce podle Briggse a Rauschera

**Kapitola: Kuriozity**  
**Klasifikace: D**

#### Cíl úlohy

Demonstrovat žákům oscilační reakce s vysvětlením reakčních mechanismů.

#### Úvod

Následující pokus může být využit jako pokus demonstrační a motivační. Oscilační reakce, v našem případě reakce Briggse a Rauschera, je zajímavá svým mechanismem. Reakce probíhá dvěma možnými reakčními cestami, přičemž jedna přechází v druhou tak, že to působí dojmem, že se reakce zacyklila. Reakce je velmi působivá. Tři bezbarvé roztoky jsou smíchány v kádince a vzniklý roztok se nechá promíchávat na magnetické míchačce. Roztok v kádince několikrát periodicky změnil barvu z bezbarvé, přes jantarovou až na tmavě modrou, popř. černou.

#### Časová a experimentální náročnost

Cca 20 minut.

#### Chemikálie

Destilovaná voda, 102,5 ml 30% peroxidu vodíku, 10,75 g jodičnanu draselného, 1,1 ml koncentrované kyseliny sírové, 4 g kyseliny malonové, 0,85 g monohydrátu síranu manganatého, 0,75 g škrobu.

#### Pomůcky

Tři kádinky (800 ml), kádinka (100 ml), kádinka (1500 ml), odměrné válce, pipety, popisovač, magnetická míchačka s míchadélkem.

#### Postup

Příprava roztoku A: 100 ml destilované vody nalijeme do velké kádinky (800 ml). Dále přilijeme 102,5 ml 30% peroxidu vodíku. Dobře promícháme a doplníme destilovanou vodou na 250 ml.

Příprava roztoku B: 10,75 g jodičnanu draselného vsypeme přibližně do 200 ml destilované vody do druhé velké kádinky (800 ml). Přidáme 1,1 ml koncentrované kyseliny sírové. Za stálého míchání zahřejeme směs, dokud se jodičnan zcela nerozpustí, poté doplníme destilovanou vodou na 250 ml.

Příprava roztoku C: Rozpustíme 4 g malonové kyseliny a 0,85 g síranu manganatého v přibližně 125 ml destilované vody ve třetí velké kádince (800 ml). Ve 100 ml kádince přivedeme 15 ml destilované vody k varu. V jiné kádince smícháme 0,75 g rozpustného škrobu s 2,5 ml destilované vody. Ze směsi připravíme pastu, kterou vlijeme do vařící vody. Pokračujeme ve vaření a míchání do té doby než se škrob zcela rozpustí (cca 30 vteřin). Poté vlijeme tento roztok do roztoku s kyselinou malonovou a síranem manganatým, zamícháme a doplníme destilovanou vodou na 250 ml.

Do velké kádinky (1500 ml) umístěné na magnetické míchačce vložíme magnetické míchadélko. V kádince slijeme 125 ml roztoku A a 125 ml roztoku B, zapneme magnetickou míchačku a nastavíme ji tak, aby se v kádince utvořil zřetelný vír. Poté přilijeme 125 ml roztoku C.

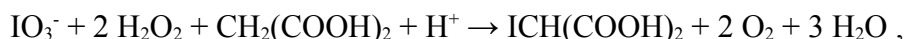
### Pozorování

Původně bezbarvý roztok získá prakticky okamžitě barvu jantaru, poté se barva změní na modročernou, která postupně vybledne a roztok opět bude bezbarvý. Tento cyklus se zopakuje obvykle patnáctkrát i vícekrát, poté zůstane modročerný.

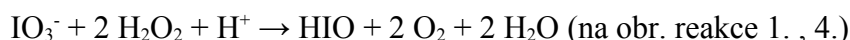
### Vysvětlení experimentu <sup>44,48,53,68</sup>

Vysvětlení tohoto mechanismu je velmi složité a není ještě zcela prokázáno, a proto zde uvádím jen nástin tohoto reakčního mechanismu včetně schématického znázornění uvedeného na obrázku č. 27.

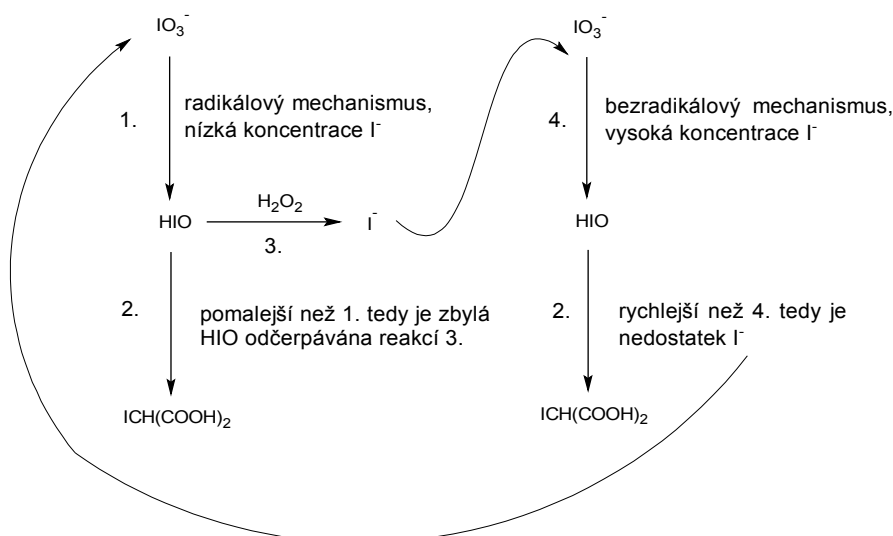
Celkovou reakci vyjadřuje rovnice



kteřá je souhrnem dvou reakčních kroků. Dílčími reakcemi jsou



První z těchto dvou reakcí se může uskutečnit dvěma mechanismy, radikálovým (1.) a bezradikálovým (4.). Který z těchto dvou mechanismů převládne určuje koncentrace jodidových iontů v roztoku. Když je jodidových iontů málo, převládá radikálový mechanismus. Když je jodidových iontů mnoho, převládá bezradikálový mechanismus. Druhá reakce doplňuje zmíněné dva procesy (2.). Tato reakce spotřebovává HIO pomaleji než je tato částice vytvářena radikálovým mechanismem první reakce, je-li dominantní, ale rychleji než když je generována bezradikálovým mechanismem. V případě, že není HIO spotřebována je okamžitě redukována na jodidový anion peroxidem vodíku jako jedna součást bezradikálového procesu (3.). Je-li HIO produkováno velmi rychle radikálovým procesem, je utvořeno velké množství jodidových iontů, které zabrzdí radikálový a podpoří pomalejší bezradikálový mechanismus (4.). Poslední reakce (4.) spotřebovává HIO tak rychle, že není dostatek jodidových iontů pro udržení bezradikálového mechanismu a opět začne proces radikálový (1.). A celý proces se opakuje. Modročerná barva je zapříčiněna začleněním jodidových aniontů, přesněji  $\text{I}_3^-$ , do struktury škrobu.



Obrázek č. 27 Reakční schéma Briggsovy-Rauscherovy reakce.

## Diskuze

Oscilační reakce patří dle mého názoru k nejpůsobivějším reakcím vůbec. V zahraniční, zejména americké, literatuře zabývající se školními experimenty je jim věnována značná pozornost. V české experimentální literatuře jsem obdobný experiment nenašel. Návod pro tento pokus jsem převzal z německé Universität Regensburg<sup>52</sup>. Návod jsem přeložil, didakticky zpracoval, upravil jednotlivá množství látek, resp. jsem pracoval se čtyřikrát menším množstvím a to především z ekonomických důvodů. Doplnil jsem vysvětlení experimentu, které jsem získal z následujících zdrojů - webové stránky britské University of Leeds<sup>48</sup>, webové stránky Západočeské univerzity v Plzni<sup>44</sup> a populárně-naučný server about.com<sup>68</sup>. Dále jsem pořídil videozáznam a fotodokumentaci tohoto pokusu.

## Fotodokumentace



**Obrázek č. 28** Reakční směs před přidáním roztoku C – roztok barvy jantaru vzniklý slitím roztoku A a B na magnetické míchačce.





**Obrázek č. 29 Odbarvení roztoku** – fáze odbarvení roztoku. V této fázi je nedostatek jodidových iontů, tedy převládá radikálový mechanismus.



**Obrázek č. 30 Modročerné zabarvení roztoku** – zabarvení roztoku vzniká v důsledku začlenění  $I_3^-$  do struktury škrobu. V tomto okamžiku převládá bezradikálový mechanismus.



**Obrázek č. 31 Náhoda** – náhoda je významnou součástí chemikova života. Mnoho významných objevů, např. Flemingův objev penicilinu, či Röntgenův objev záření, byly objeveny náhodou. Zobrazená fotografie zachycuje reakci probíhající v odpadní kádince, kam jsem bezmyšlenkovitě slil zbylé roztoky. Jsou vidět tmavé a světlé pruhy, které v sebe navzájem přecházejí. Na podobném principu někteří moderní umělci tvoří „živé obrazy“, kde ve velmi tenké vrstvě roztoku mezi dvěma skly probíhají oscilační reakce za tvorby kruhovitých útvarů.

Mnou pořízený videozáznam, který daleko lépe než uvedené fotografie demonstruje tento experiment, je na CD přiloženém k diplomové práci.

#### **Motivační text o perpetuu mobile** <sup>16,29</sup>

Již v obecném úvodu ke kuriozitám byla zmínka o tom, že první oscilační reakce byly zatracovány, protože představovaly jakousi chemickou obdobu k perpetuu mobile, ale co to vlastně je perpetuum mobile? Perpetuum mobile, v překladu „věčně v pohybu“, je periodicky pracující stroj, který pro svůj provoz nepotřebuje žádný vnější zdroj energie. Představme si to např. jako ledničku, která bude chladit, i když nebude zapojena do sítě a tato naše lednička bude chladit nekonečně mnoho let. Kdyby se lidstvu podařilo takové zařízení vyvinout, všichni by pravděpodobně žili v blahobytu. Nikdo by nemusel těžce pracovat, auta by neznečišťovala ovzduší svými výfuky, skleníkový efekt by byl zažehnán apod. Ale má to problém. Celý náš svět se řídí podle čtyř celkem jednoduchých matematických vět. Označují se nultá, první, druhá a třetí věta termodynamická. Každý z těchto matematických výrazů určuje jednoduché pravidlo, kterým se tento svět alespoň podle všech našich dosavadních zkušeností řídí. Nultá věta termodynamická ve stručnosti říká pro nás jednoduchý fakt. Jakmile k sobě přiložíme dvě tělesa a nebude mezi nimi probíhat tepelný tok, tedy tělesa se navzájem neochlazují ani neohřívají, pak mají stejnou teplotu. První věta je určena jednoduchým matematickým vztahem  $\Delta U = Q + W$  a říká, že



změna vnitřní energie  $\Delta U$  uzavřeného systému se rovná součtu energií, které prošly ve formě práce  $W$  a tepla  $Q$  hranicí systému. Druhá věta obsahuje složitější matematický aparát, a proto ji zde v přesném znění neuvádím, ale má nedozírné následky. Například postuluje tok času a zavádí pojem entropie, což je míra neuspořádanosti systému. Abychom si entropii přiblížili, představme si děti v dětském pokoji. Čím déle budou děti bez dozoru, tím větší nepořádek v pokoji vzniká. Nepořádek vzniká samovolně, jakoby náhodou. A právě samovolný vznik tohoto nepořádku, chaosu, se dá vyjádřit nárůstem entropie. Jakýkoliv samovolný děj je spojen s nárůstem entropie a chceme-li vykonat nějaký nesamovolný děj, např. uklidit nepořádek v pokoji a snížit tak jeho entropii, pak samotná činnost uklízení opět zvýší celkovou entropii systému například v podobě tepla, které odejde do okolí z našeho těla. Běžný člověk znalosti o entropii pravděpodobně ve svém životě nevyužije, ale v podstatě jakákoli teorie např. o hvězdných tělesech jako jsou černá a červí díry stojí nebo se alespoň opírá o druhou větu termodynamickou. Třetí věta v podstatě doplňuje větu druhou a tvrdí, že entropie každé čisté látky při teplotě absolutní nuly je nulová, což umožňuje určit absolutní hodnotu entropie.

Právě s první a druhou větou termodynamickou není v souladu koncept perpetua mobile. Existují dva mechanismy perpetuum mobile, které se označují jako perpetuum mobile prvního druhu a perpetuum mobile druhého druhu. Perpetuum mobile prvního druhu vykoná při cyklickém ději více práce, než kolik přijme tepla. Je-li děj cyklický, pak  $\Delta U = 0$ . Vysvětlení tohoto faktu je jednoduché. Vnitřní energie je stavovou funkcí stejně jako např. teplota, tedy popisuje stav systému nějakou hodnotou. Např. pro stav 1 je  $U_1 = 300$  kJ, stejně jako  $T_1 = 100$  K. Změníme-li stav 1 na stav 2 například dodáním tepla, pak  $U_2 = 400$  kJ a  $T_2 = 150$  K. Cyklickým dějem se ale po určité době vrátíme do stejného stavu systému, ze kterého jsme vyšli, tedy změna vnitřní energie bude nulová. Dosadíme do vztahu pro první větu termodynamickou a zjistíme, že takový stroj nemůže existovat, ale existenci stroje, který dokáže všechno přijaté teplo beze zbytku přeměnit na práci ( $Q = -W$ ) první věta nezakazuje. Takovému stroji se říká perpetuum mobile druhého druhu. Takovýto stroj, je ale v rozporu s druhou větou termodynamickou, neboť by snižoval celkovou entropii systému. Důkaz tohoto tvrzení je matematicky obtížný, a proto jej zde neuvádím. Vynálezci perpetua mobile prvního druhu dávno vymřeli. Vynálezci, kteří chtěli oslnit svět perpetuem mobile druhého druhu, vymřeli poměrně nedávno. Jejich stroje obvykle v sobě měli tajně ukrytý zdroj energie, anebo využívali malé změny energie jako je například tepelný rozdíl mezi dnem a nocí, či magnetickou sílu. Zajímavostí je, že americký patentový úřad má ve svých předpisech, že nesmí vydat patent žádnému vynálezci ani za funkční perpetuum mobile, které by tím pádem popřelo samotné základy termodynamiky a tedy i dosavadní princip světa samotného<sup>91</sup>.

#### 4.2.4 Oscilační reakce podle Bělousova a Žabotinského

**Kapitola: Kuriozity**  
**Klasifikace: L 2**

##### Cíl úlohy

Demonstrovat žákům oscilační reakce s vysvětlením reakčních mechanismů.

##### Úvod

Tento pokus je jednou z nejnadhěji realizovatelných oscilačních reakcí, proto ho žáci mohou provádět sami. Princip této reakce je analogií známé reakce Bělousova a Žabotinského. Barva roztoku se díky použitým chemikáliím periodicky mění. Barevná změna není tak výrazná jako v případě oscilační reakce podle Briggse a Rauschera, ale provedení tohoto pokusu je nesrovnatelně snazší.

##### Časová a experimentální náročnost

Cca 30 minut.

##### Chemikálie

Malonová kyselina, bromičnan draselný, síran manganatý, koncentrovaná kyselina sírová, destilovaná voda.

##### Pomůcky

Kádinka (400 ml), odměrný válec, hodinová skla, váhy, lžička, skleněná tyčinka.

##### Postup

Do kádinky nalijeme 200 ml destilované vody, přidáme 20 ml koncentrované kyseliny sírové. Navážíme 2,2 g kyseliny malonové a 2 g bromičnanu draselného. Tyto látky zcela rozpustíme v roztoku kyseliny. Za stálého míchání přidáme 2 g síranu manganatého a pozorujeme.

##### Pozorování

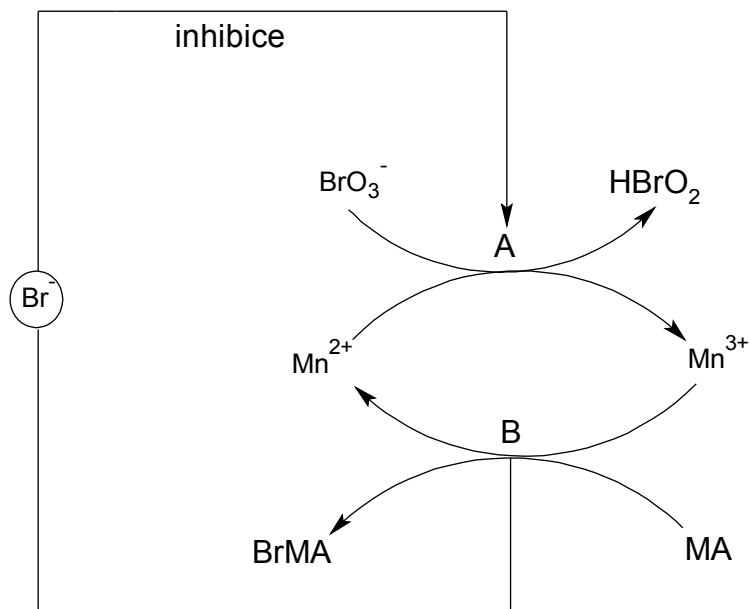
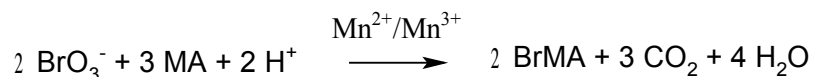
Po přidání síranu manganatého získal roztok červenooranžovou barvu, po zhruba 30 vteřinách roztok zesvětlal do slabě růžové a poté opět přešel do červenooranžové.

##### Vysvětlení experimentu<sup>21,44</sup>

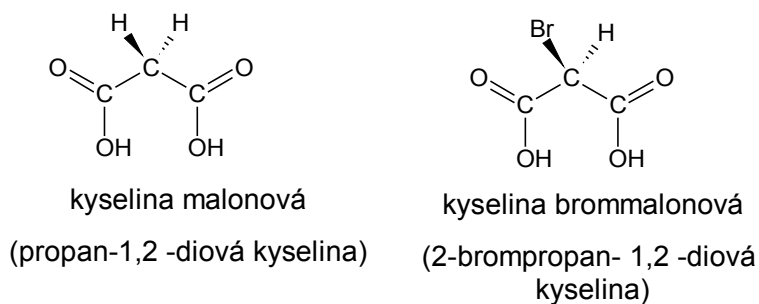
Bělousovu - Žabotinského reakci můžeme popsat jako oxidaci organické látky bromičnanem, která je katalyzována redoxním katalyzátorem, přičemž substrát reaguje s bromem za vzniku bromderivátu, který uvolňuje bromidové ionty při reakci s oxidovanou formou katalyzátoru. Je to reakce oscilující v prostoru i čase<sup>44</sup>. V našem uspořádání je organickou látkou kyselina malonová HOOC-CH<sub>2</sub>-COOH a katalyzátorem Mn<sup>2+</sup>/Mn<sup>3+</sup>. Zjednodušené reakční schéma je uvedeno na obrázku č. 32.

Bromičnan reaguje s kyselinou malonovou (MA) pomalu. Reakce je katalyzována ionty manganu. Bromičnan oxiduje ionty Mn<sup>2+</sup> (v roztoku světle růžové) na ionty Mn<sup>3+</sup> (v roztoku červenooranžové), které oxidují kyselinu malonovou a tak se zpětně redukují na ionty Mn<sup>2+</sup>. Rychlosti reakčních kroků A a B, viz obrázek č. 32, se mění a důsledkem toho jsou koncentrační oscilace redukované a oxidované formy katalyzátoru. Klíčová úloha se přisuzuje iontům Br<sup>-</sup>, které inhibují krok A. Pokud jsou koncentrace reaktantů BrO<sub>3</sub><sup>-</sup> a kyseliny malonové srovnatelné, jsou hlavními produkty kyselina brommalonová (BrMA) a CO<sub>2</sub>.

Výsledná stechiometrická rovnice pak má tvar:



**Obrázek č. 32** Reakční schéma oscilační reakce – změna zabarvení roztoku je důsledkem periodických oscilací iontu manganu.  $\text{Mn}^{2+}$  je v roztoku světle růžový,  $\text{Mn}^{3+}$  je červenooranžový.



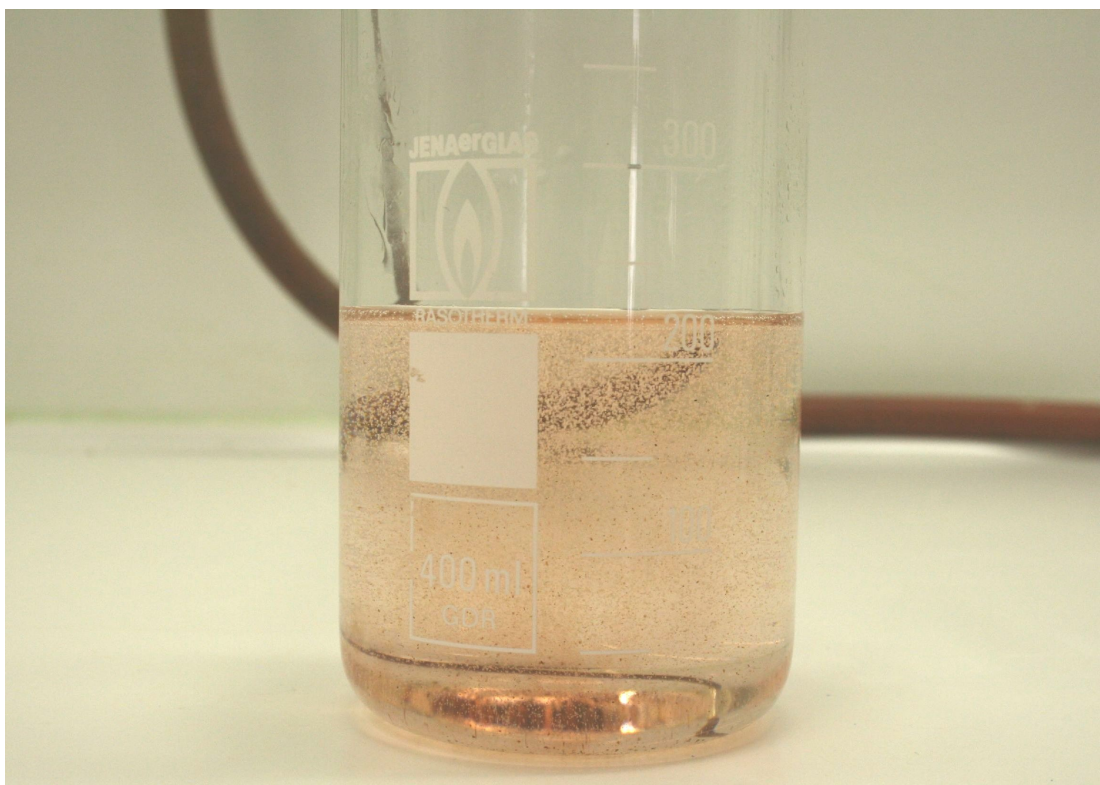
**Obrázek č. 33** Strukturální vzorce kyseliny malonové a brommalonové.

Detailní reakční mechanismus této ani dalších oscilačních reakcí není známý. Při změně zabarvení se pravděpodobně podílí kromě  $\text{Mn}^{3+}$  iontů také molekulární brom  $\text{Br}_2$ . V současné době se vytváří různé reakční modely, např. mechanismus Fielda, Köröse a Noyese pro oscilační reakci Bělousovova a Žabotinského. Tento model, ač velmi zjednodušený, přechází v soustavu diferenciálních rovnic, jejíž řešení je tak složité, že bude nutné vyvinout specializovaný počítačový software <sup>44</sup>.

### Diskuze

Mým původním záměrem bylo uvést ještě jednu demonstrační oscilační reakci, aby doplnila reakci podle Briggse a Rauschera. Zvolil jsem reakci Bělousova a Žabotinského, která je uvedena na stránkách německé Universität Regensburg <sup>78</sup>. Během ověřování tohoto pokusu jsem dospěl k názoru, že je tak náročný a dle mého názoru nespolehlivý, že jej do práce nezařadím. Při hledání podrobnějšího reakčního mechanismu oscilačních reakcí jsem však našel jednodušší variantu reakce Bělousova a Žabotinského uvedenou na stránkách Západočeské univerzity v Plzni <sup>44</sup> a v Chemical Curiosities <sup>21</sup>. Po jejím ověření jsem se rozhodl pro její didaktické zpracování a pořízení fotodokumentace.

### Fotodokumentace:



**Obrázek č. 34 Světle růžové zbarvení roztoku** – v této fázi převažují  $\text{Mn}^{2+}$  ionty, které mají v roztoku světle růžové zbarvení.



**Obrázek č. 35 Červenooranžové zbarvení roztoku** – v této fázi převažují  $\text{Mn}^{3+}$  ionty, které mají v roztoku červenooranžové zbarvení.

## 4.2.5 Kouřová bomba

**Kapitola: Kuriozity**  
**Klasifikace: D**

### Cíl úlohy

Demonstrovat žákům princip dýmovnic.

### Úvod

Tento pokus má demonstrační a motivační charakter. Z vlastní zkušenosti vím, že žáky nejvíce baví experimenty, kde něco exploduje, kouří nebo se alespoň pracuje s jedovatými látkami. V této úloze vyrobíme velmi jednoduchou a hlavně bezpečnou dýmovnici a navíc z běžně dostupných surovin. Tento pokus může doplňovat učivo o přípravě kyslíku, či o sacharidech.

### Časová a experimentální náročnost

Cca 30 minut.

### Chemikálie

Sacharosa, dusičnan draselný.

### Pomůcky

Kahan, tavící miska, tyčinka, trojnožka, azbestová síťka, zápalky, alobal, třecí miska s tloučkem, nerezová lžice, nehořlavá podložka.

### Postup

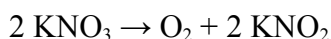
Navážíme 30 g dusičnanu draselného a utřeme v třecí misce. Dusičnan přesypeme do tavící misky. Navážíme 20 g sacharosy, utřeme v třecí misce a přidáme k dusičnanu. V tavící misce obě látky smícháme a mírně zahřejeme nad kahanem. Směs začne tát a hnědnout díky karamelizaci sacharosy. Jakmile veškerá sacharosa roztaje a směs bude mít podobu hnědé pasty, odstavíme misku z plamene. Nerezovou lžicí opatrně nabereme část směsi a dáme ji na hliníkovou folii. Stejně postupujeme i se zbytkem směsi. Jednotlivé části na hliníkové folii by měly být od sebe vzdáleny tak 10 cm. Po vychladnutí folii nastříháme a vytvoříme z ní kalíšky se směsí, které přeneseme na volné prostranství, položíme na nehořlavou podložku, zapálíme a odejdeme do bezpečné vzdálenosti.

### Pozorování

Po zapálení z kalíšku začal stoupat bílý dým.

### Vysvětlení experimentu <sup>59,60</sup>

Dusičnan slouží jako oxidační činidlo. Jeho termickým rozkladem se začne vyvíjet kyslík podle následující rovnice <sup>23</sup>:



Kyslík podporuje hoření sacharosy. Sacharosa nejdříve za přísunu tepla začne karamelizovat a rozkládat se na jednodušší dehydratační produkty (např. isosacharan, karamelen) <sup>61</sup> a vodu. Tyto dehydratační produkty poté shoří na oxid uhličitý a vodu, které tvoří z velké části vznikající dým. Další složkou je oxid dusičitý a další těžko definovatelné oxidy vzniklé při reakci kyslíku s dalšími látkami.



### **Diskuze**

Na internetu je vzhledem k oblíbenosti airsoftu, paintballu a podobných sportů velké množství návodu na přípravu dýmovic<sup>55,60</sup>. Mnou vybraná dýmovnice nepatří mezi ty, které kouří nejvíce, ale patří k nejjednodušším a dá se na ní vysvětlit princip dýmovic obecně. Návod jsem přeložil z amerických webových stránek<sup>59</sup>, doplnil o vysvětlení a didakticky zpracoval. Je samozřejmé, že když se zachová poměr reagentů, lze stejným postupem připravit dýmovnici mnohem větší a účinnější. Dále je možné na různých internetových stránkách najít trochu komplikovanější, ale o to účinnější dýmovnice. Stejně tak je možné kouř různým způsobem obarvit, ale to již přesahuje rámec této práce.

### **Fotodokumentace**



**Obrázek č. 36 Příprava směsi** – sacharosa zkaramelizovala a spojila se s dusičnanem draselným v pastu.



**Obrázek č. 37 Příprava kalíšku** – pasta se přenesse na alobal. V případě, že vyrábíme více dýmovic, musí být mezi jednotlivými pastami alespoň 10 cm vzdálenost.



**Obrázek č. 38 Hotová dýmovice** – z alobalu vytvoříme kalíšek a přeneseme na volné prostranství.





**Obrázek č. 39 Kouřící dýmavnice** – mnou připravená dýmavnice byla z bezpečnostních důvodů velmi jednoduchá a malá, ale i tak vydala značné množství kouře. V případě zachování poměrů je možné připravit dýmavnici, která vydá úměrně víc kouře.

## 4.3 SVĚTLO A OHEŇ

### 4.3.1 Obecný úvod ke světlu a ohni

Světlo a oheň jsou běžnou a nezbytnou součástí našich životů. Uvažujeme-li v podstatě jakýkoliv proces od žehlení až po výzkum vesmíru zjistíme, že je nějakým způsobem spojen se světlem nebo s ohněm.

Z fyzikálního hlediska je světlo elektromagnetické vlnění. Často se v této souvislosti jako synonymum k pojmu vlnění používá termín záření, protože důležitou částí spektra elektromagnetického vlnění je viditelné světlo, které vnímáme jako záření. Celé elektromagnetické spektrum obsahuje vlnění o frekvencích a vlnových délkách v rozsahu 30-ti řádů. Částí spektra s nejdelší vlnovou délkou jsou rádiové vlny, které se používají např. k přenosu televizního signálu. Vlnová délka radiových vln může dosáhnout až několika kilometrů. Následuje mikrovlnné záření, které má vlnové délky řádově 1 mm až 1 m a používá se např. k ohřevu jídla v mikrovlnné troubě. Infračervené záření (IR) má ještě kratší vlnovou délku než záření mikrovlnné, cca. 800 nm - 1 mm a je významné zejména pro analytickou chemii, kde se používá v infračervené spektroskopii. Elektromagnetické vlnění v rozmezí vlnových délek přibližně 400 – 800 nm je označováno jako viditelné světlo (VIS). Právě toto záření vnímá lidské oko. Na viditelné světlo navazuje ultrafialové záření (UV), které má již velmi krátkou vlnovou délku, cca. 1 nm – 400 nm, tedy obsahuje velké množství energie. Sluneční ultrafialové záření může například způsobit rakovinu kůže, či zapříčinit vadu plodu u těhotných žen. Rentgenové záření se využívá v průmyslové a zdravotnické diagnostice<sup>28</sup>. Objevitelem tohoto záření byl německý fyzik Wilhelm Conrad Röntgen, který 8. listopadu 1895 ve Würzburgu zkoumal elektrické výboje ve zředěném plynu uvnitř skleněné trubice. Shodou okolností došlo k ozáření papíru pokrytého fluorescenční vrstvou a krystalků kyanidu platnatobarnatého, které začaly světélkovat. Kde se tam tyto krystalky a papír vzaly, není jasné. Někteří tvrdí, že to byla Röntgenova nepořádnost, jiní tvrdí, že je využíval při svém experimentu. Röntgen si tohoto zajímavého jevu povšiml a začal jej zkoumat. Za necelé dva měsíce ozářil nově objevenými paprsky na pozadí fotografické desky ruku své ženy a tak vznikl první rentgenový snímek. V roce 1901 obdržel jako první Nobelovu cenu za fyziku. Za svůj objev nikdy nepřijal žádný honorář, neboť se domníval, že objev, který vznikl na univerzitní půdě má patřit všem lidem<sup>9,13</sup>.

Oheň stojí u samotných základů lidské kultury. Je součástí bájí a legend a lidé jsou jím dodnes fascinováni. Uvědomme si, s jakou oblibou se koukáme do plamenů táboráku, sledujeme ohňostroj, či různé moderní fireshow. Z chemicko-fyzikálního hlediska je oheň formou plazmatu, tedy jednoho ze šesti dosud známých skupenství (pevné, kapalné, plynné, plazma, kvark-gluonové plazma, fermionický koncentrát<sup>86</sup>). Plazma je zjednodušeně řečeno ionizovaný plyn. Tedy plyn složený z iontů a elektronů, který vznikají odtržením elektronů z původních molekul plynu.

K tématu Světlo a oheň jsem zařadil čtyři pokusy. První pokus nazvaný Hořící ruce je ryze demonstrační a patří k jednomu z nejpůsobivějších pokusů v celé práci. V tomto pokusu učitelovy ruce na pár sekund zdánlivě hoří.

Druhý pokus Světlem indukovaná reakce představuje žákům působivou radikálovou reakci. K iniciaci této reakce je zapotřebí světla, takže reakce v zastíněném roztoku nebude probíhat. Tento pokus je pro svoji technickou náročnou demonstrační.

Třetí pokus Fotocitlivá reakce ukazuje studentům reakci citlivou na světlo. Fotocitlivou látkou je v tom to případě redoxní indikátor thionin, který se vyskytuje

v oxidované fialové formě a redukované bezbarvé formě. Pro přechod mezi jednotlivými formami thioninu je potřeba světlo. Reakce je pro náročnost na chemikálie demonstrační.

Čtvrtý pokus Samozápalné olovo je laboratorní práce klasifikace L 2, ve které si žáci zopakují takřka všechny základní laboratorní postupy a připraví pyroforické olovo.

Původně jsem chtěl do této kapitoly zařadit i návod na syntézu luminolu ze snadno dostupných chemikálií. Ověřoval jsem celkem tři návody<sup>93,94</sup>, ale ani jeden nevedl ke zdárnému konci, proto nejsou v práci uvedeny. Syntézu luminolu jsem prováděl s vybavením, které je dle mého názoru dostupné na středních školách. Nepoužíval jsem proto olejové lázně, topná hnízda, zpětné chladiče apod. Právě v tomto spatřuji příčinu svého neúspěchu. Stejně tak nemohu vyloučit chybu v uvedených postupech.

### 4.3.2 Hořící ruce

**Kapitola: Světlo a oheň**  
**Klasifikace: D**

#### Cíl úlohy

Zaujmout a motivovat žáky k výuce chemie. Dokázat, že methan je lehčí než vzduch a zároveň dokázat hořlavost methanu.

#### Úvod

Tento pokus je jeden z nejpůsobivějších pokusů, které jsem kdy viděl, a přitom je velmi jednoduchý. Je ideální pro zaujetí a motivování žáků, či jako odměna. Pokus je nutné provádět v digestoři nebo na dobře odvětraném místě za asistence pomocníka, třeba vzorného žáka, který vás zapálí. **Pokus může provádět pouze učitel** a pomocník musí mít nasazený ochranný štít.

#### Časová a experimentální náročnost

Cca 15 minut. Učitel musí pracovat minimálně v ochranných brýlích nebo lépe za použití ochranného štítu!

#### Chemikálie

15-20 g jemně nastrohaného mýdla, 40 g sacharosy, jar, voda.

#### Pomůcky

Skleněná vana, kádinka, stojan, klemy, gumová hadice, zdroj plynu, špejle, zápalky.

#### Postup

Nastrouháme 15 g mýdla a rozmícháme ve vaně v 1600 ml vody. V kádince rozpustíme 40 g sacharosy a vzniklý roztok přilijeme do vany. Přilijeme 20 ml jaru. Roztok promícháme a vyzkoušíme, zda se dobře tvoří bubliny. V případě, že ne, je možné přidat jar nebo jiný detergent, který podpoří tvorbu bublin. Hadici v digestoři nebo na dobře odvětrávaném místě napojíme na zdroj plynu a upevníme ji pevně do stojanu tak, aby bylo ústí ponořeno ve vaně. Plynem probubláme roztok a vzniklé bubliny sebereme. Hořící špejlí bubliny na ruce zapálíme. Chceme-li mít bubliny v obou rukách, poprosíme o zapálení pomocníka.

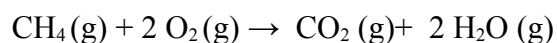
#### Pozorování

Po zapálení bubliny okamžitě vzplanou. Čím více bublin nabere, tím větší bude plamen. Plamen hoří několik málo vteřin (2 – 5 vteřin). Jelikož je plyn lehčí než vzduch, plamen stoupá a ruce nezasáhne, ruka je také navíc chráněna mýdlovým roztokem.

#### Vysvětlení experimentu

Zemní plyn obsahuje 96,5 % methanu, 2,6 % ostatních uhlovodíků a 0,9 % nehořlavých složek<sup>57</sup>. Průměrná molární hmotnost vzduchu je přibližně 28,9 g · mol<sup>-1</sup>, molární hmotnost methanu je přibližně 16 g/mol. Methan tvoří majoritní složku zemního plynu, a protože jeho molární hmotnost je významně menší než průměrná molární hmotnost vzduchu, je lehčí než vzduch a stoupá. Ostatní plyny obsažené v zemním plynu můžeme vzhledem k jejich malému množství zanedbat. V důsledku stoupajícího hořícího methanu nejsou ruce zasaženy plamenem.

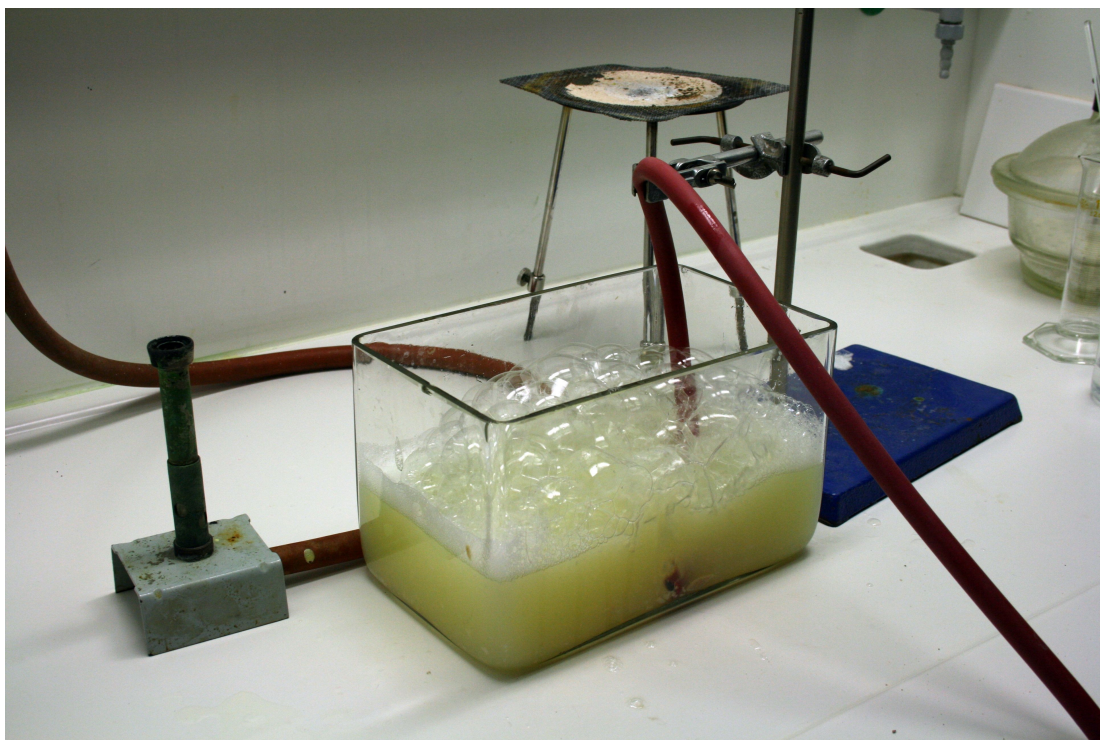
Rovnice hoření methanu:



### Diskuze

Tento pokus je v různých obměnách uveden na mnoha zahraničních chemických serverech zabývajících se zábavnou chemií, také jsem našel jeho didaktické zpracování v angličtině<sup>58</sup>, kde však byl v jiném provedení. Mýdlový roztok umístili do nálevky a otvorem nálevky probublávali roztok plynem. Vzniklé bubliny vzlétly a byly zapáleny ve vzduchu. V české literatuře zabývajících se středoškolskými chemickými experimenty jsem tento pokus nenašel. Na stránkách VŠCHT je uveden jen jako námět experimentu<sup>56</sup>. Z těchto stránek jsem převzal složení mýdlového roztoku. Roztok jsem ještě upravil přidáním jaru pro větší množství kvalitních bublin. Pokus jsem ověřil, navrhl jeho aparaturu, navrhl pracovní postup, pořídil fotodokumentaci, vysvětlil a didakticky zpracoval.

### Fotodokumentace



**Obrázek č. 40 Aparatura** – mýdlovým roztokem se probublává plyn. Bubliny naplněné plynem se seberou a zapálí na ruce.





**Obrázek č. 41 Hořící ruka** – ruka je chráněna a chlazena mýdlovým roztokem. Navíc je plyn lehčí než vzduch, takže stoupá a minimalizuje tak účinky ohně. Plamen hoří kolem tří vteřin, záleží na množství sebraných bublin.



**Obrázek č. 42 Hořící ruce** – pokus je velmi efektní.

### 4.3.3 Světlem indukovaná reakce

**Kapitola: Světlo a oheň**  
**Klasifikace: D**

#### Cíl úlohy

Dokázat potřebu světla pro iniciaci radikálových reakcí.

#### Úvod

Každý z nás již jistě slyšel z televizních reklam o volných radikálech, jejich tvorbě a případném nebezpečí, kterým nám hrozí. Jelikož se nás to bezprostředně týká, měli bychom něco o radikálech vědět. V této úloze si ukážeme princip radikálové reakce a osvětlíme roli světla v radikálových mechanismech.

#### Časová a experimentální náročnost

Cca 30 minut. Čím silnější světlo a lepší zastínění baňky A, tím lepší výsledek pokusu.

#### Chemikálie

Kyselina maleinová, bromová voda, destilovaná voda.

#### Pomůcky

500 wattová žárovka či jiné silné světlo, odměrné baňky (3 x 50 ml), odměrná pipeta (20 ml), pipety (2 x 10 ml), Erlenmayerovy baňky (2 x 50 ml), popisovač, papírový válec se dnem (např. tuba na výkres, nebo cokoliv jiného, co nepropouští světlo).

#### Postup

Připravíme nasycený roztok kyseliny maleinové rozpuštěním 47,4 g kyseliny maleinové v 61 ml destilované vody. Kyselina maleinová se špatně rozpouští, proto rozpouštění urychlíme zahřátím. Do prvních dvou odměrných baněk odpipetujeme 20 ml vodného roztoku kyseliny maleinové a 5 ml bromové vody (**s bromovou vodou pracujeme v rukavicích**) a baňky popíšeme jako baňky A a B. Do třetí odměrné baňky odpipetujeme 20 ml vodného roztoku kyseliny maleinové a 5 ml destilované vody. Baňku popíšeme jako baňku C a využijeme ji jako kontrolní roztok. Baňku A přikryjeme papírovým válcem. Zhasneme a roztoky B a C vystavíme světlu žárovky, dokud se v roztoku B nevytvoří sraženina. Poté sejmemé válec z roztoku A a pozorujeme.

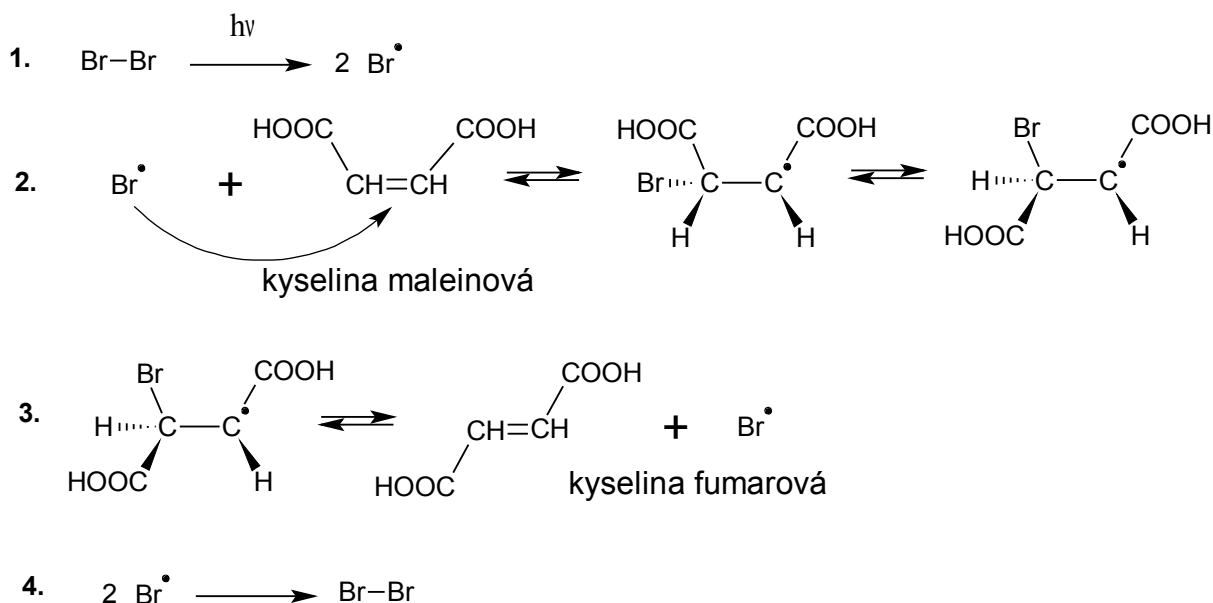
#### Pozorování

Červená barva bromu roztoku B po vystavení světlu zmizí a zároveň se vytvoří bílá sraženina. Roztok A zakrytý válcem zůstává červený, popřípadě se jenom lehce odbarví v důsledku nedokonalého zakrytí. Kontrolní roztok C zůstává nezměněný.



### Vysvětlení experimentu <sup>81</sup>

Světlo iniciuje vznik volných radikálů bromu z molekuly bromu (1.). Tyto volné radikály atakují dvojnou vazbu kyseliny maleinové (*cis*-but -2- en -1,4- diové kyseliny). V mezikroku je dvojná vazba rozštěpena radikálem bromu, což umožní rotaci molekuly kolem jednoduché vazby mezi atomy uhlíku (2.). Molekula podporuje rotaci do polohy *trans* (kyselina fumarová), která je ze sterických důvodů energeticky výhodnější než poloha *cis* (kyselina maleinová). Po následné eliminaci radikálu bromu vzniká kyselina fumarová (*trans* – but -2- en -1,4- diová kyselina) (3.) a radikály bromu se opět spojí v molekulu bromu (4.) <sup>81</sup>. Kyselina fumarová má rozpustnost ve vodě 0,63 g/100 ml při 25°C, kdežto kyselina maleinová má rozpustnost 78 g/100 ml při 25°C, proto se kyselina fumarová vysráží v podobě bílé sraženiny a svou barvou překryje červený brom, který zůstal v roztoku <sup>46,47</sup>.

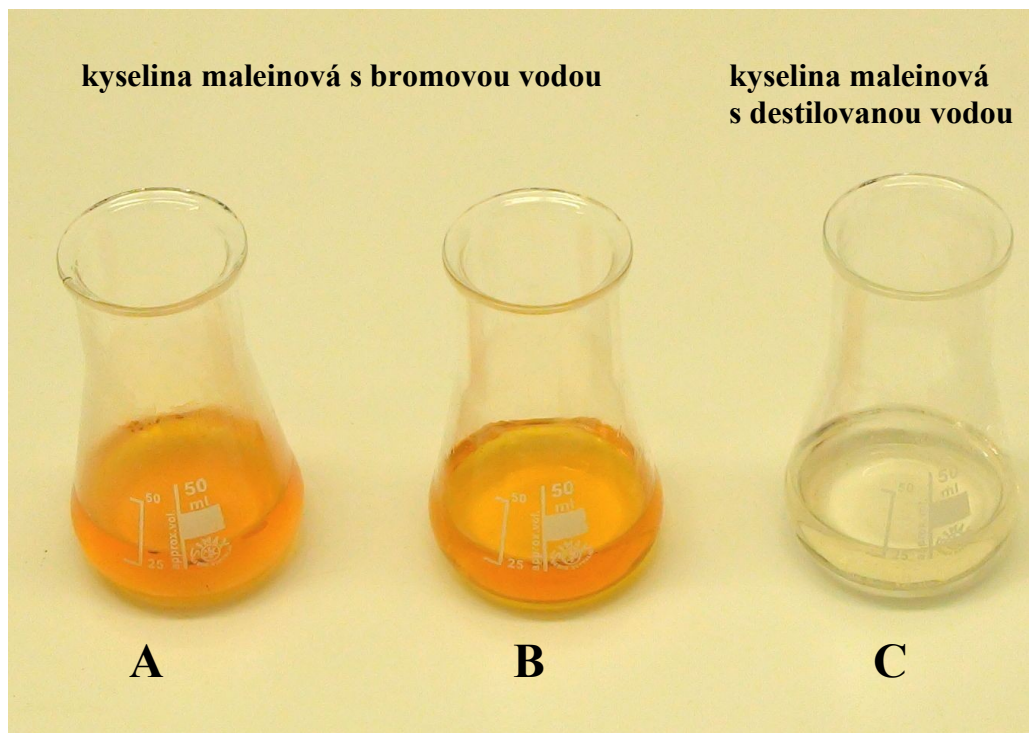


Obrázek č. 43 Reakční schéma přeměny kyseliny maleinové na kyselinu fumarovou.

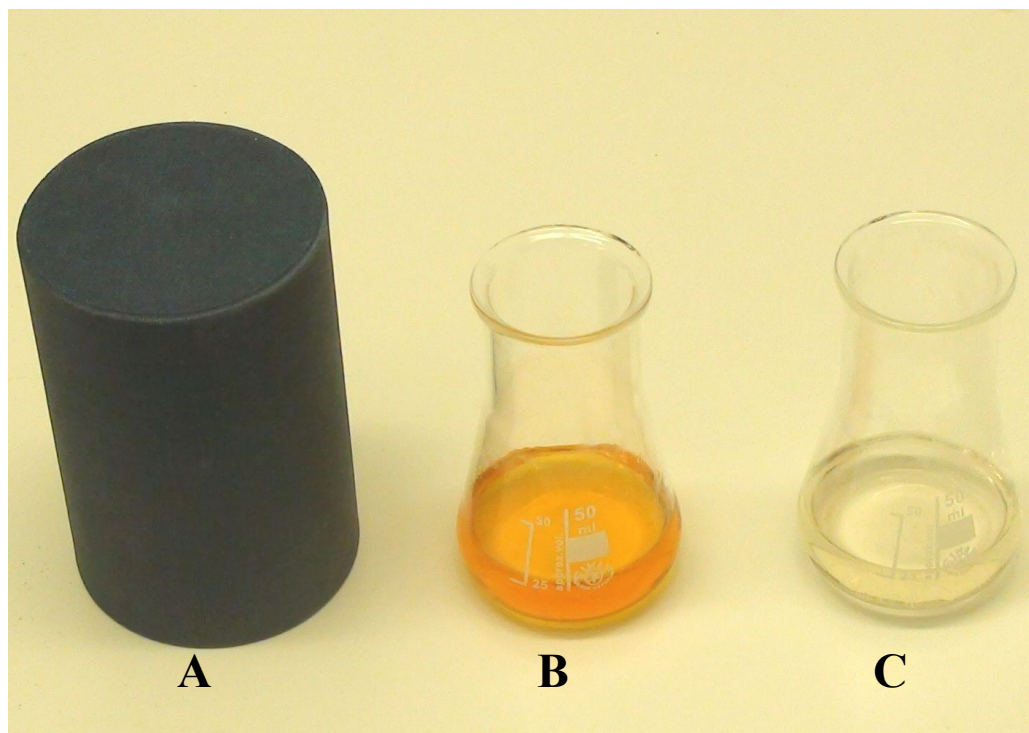
### Diskuze

Tento pokus je uvedený na webových stránkách německé Universität Regensburg <sup>81</sup>, v české literatuře zabývající se středoškolskou experimentální chemií jsem tento pokus nenašel. Návod jsem přeložil a didakticky zpracoval. Jedinou mojí úpravou bylo zmenšení množství reagujících látek na polovinu a to především z ekonomických důvodů. Jiné úpravy jsem neprováděl, neboť uvedené provedení považuji za bezchybné. Vysvětlení tohoto pokusu jsem doplnil o informace o rozpustnostech kyselin maleinové a fumarové, které jsem získal z databáze INCHEM <sup>46,47</sup>. Pokus jsem ověřil a pořídil fotodokumentaci.

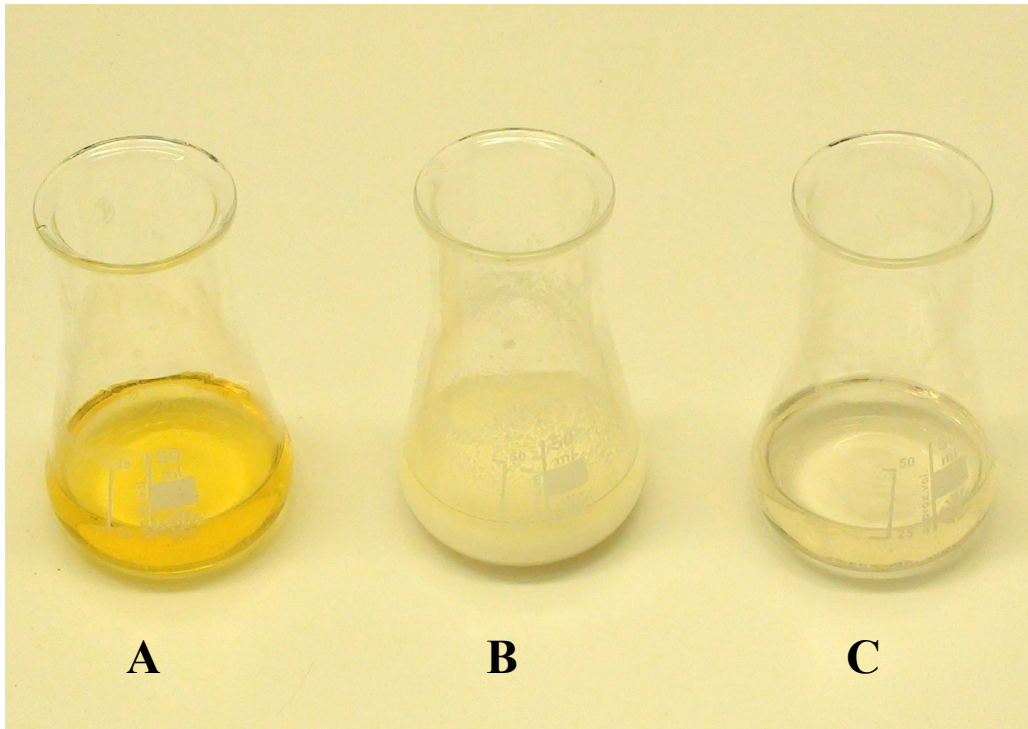
## Fotodokumentace



**Obrázek č. 44** Baňky na začátku pokusu – vlevo jsou umístěné baňky s roztokem kyseliny maleinové a bromovou vodou. Vpravo je roztok kyseliny maleinové s destilovanou vodou jako kontrola.



**Obrázek č. 45** Průběh pokusu – baňka A je zakryta a ostatní baňky jsou osvětleny.



**Obrázek č. 46 Výsledek pokusu** – v baňce B vznikla bílá sraženina kyseliny fumarové. Baňka A se nepatrně odbarvila v důsledku nedokonalého zastínění. Baňka C zůstala beze změn.

#### 4.3.4 Fotocitlivá reakce

**Kapitola: Světlo a oheň**  
**Klasifikace: D**

##### Cíl úlohy

Demonstrovat fotocitlivou reakci jako motivační pokus pro žáky. Seznámit žáky s redoxním indikátorem thioninem a vysvětlit jeho funkci.

##### Úvod

Tento pokus je velmi efektivní a je možné ho zařadit k tématu chemické kinetika, redoxní reakce nebo jen jako motivační pokus.

##### Časová a experimentální náročnost

Cca. 20 minut.

##### Chemikálie

Thionin, koncentrovaná kyselina sírová, destilovaná voda, heptahydrát síranu železnatého.

##### Pomůcky

Meotar, alobal, kádinky (200, 1000 ml).

##### Postup

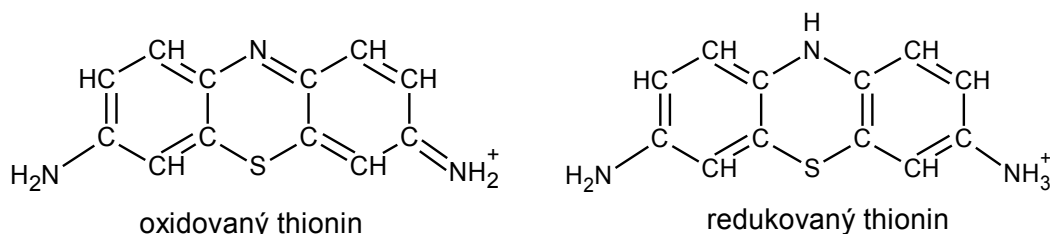
V kádince rozpustíme 0,02 g thioninu ve 100 ml destilované vody. 10 ml z takto připraveného roztoku přelijeme do velké kádinky (1000 ml) a zředíme destilovanou vodou na objem 500 ml. Roztok okyselíme 3 ml koncentrované kyseliny sírové. Přidáme 2 gramy heptahydrátu síranu železnatého. Za stálého míchání necháme rozpustit. Roztok v kádince postavíme na vypnutý zpětný projektor v zatemnělé místnosti. Mezi kádinku a desku zpětného projektoru umístíme alobal tak, aby zakryl polovinu dna kádinky. Necháme roztok ustálit. Zapneme meotar a pozorujeme.

##### Pozorování

Kdybychom nezakryli polovinu dna alobalem, tak by se celý původně fialový roztok po chvíli odbarvil, ale v uspořádání našeho pokusu se odbarvila jenom nezakrytá polovina kádinky, přičemž druhá polovina zůstala fialová.

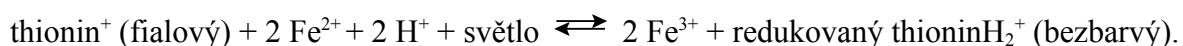
##### Vysvětlení experimentu<sup>21,45,82</sup>

Thionin je redoxní indikátor, jehož oxidovaná forma je modrofialová a redukovaná forma je bezbarvá.



**Obrázek č. 47 Thionin** – oxidovaná fialová a redukovaná bezbarvá forma thioninu<sup>45</sup>.

Thionin reaguje s ionty železa dle rovnice <sup>45</sup>:



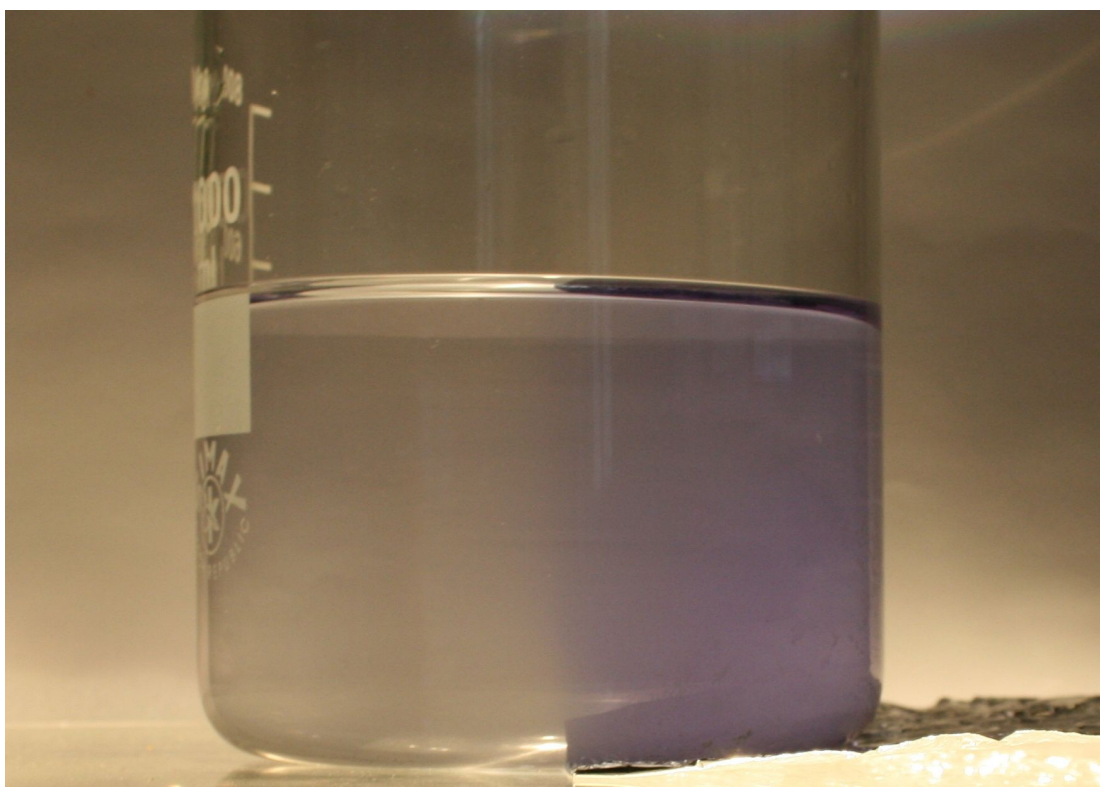
Tento děj je reverzibilní a pro svůj průběh potřebuje iniciaci světlem. Proto roztok v nezakryté polovině kádinky byl bezbarvý a roztok v zakryté části byl fialový.

### **Diskuze**

Varianta tohoto pokusu je uvedena v Chemical Curiosities <sup>21</sup>, jiná varianta je uvedena na stránkách VŠCHT <sup>82</sup>. Obě varianty jsem spojil a didakticky upravil. Pokus jsem provedl, pořídil fotodokumentaci a doplnil o přesnější vysvětlení.

Tento pokus by se dal pojmout i jiným způsobem. Například učitel by mohl připravit roztok v učebně a s celou třídou jít ven na slunce, roztok se bude během cesty na školní dvůr neustále měnit v mnoha odstínech od bezbarvé až do temně fialové.

### **Fotodokumentace:**



**Obrázek č. 48 Kádinka s thioninem** – do levé části kádinky proniká světlo meotaru, což umožňuje redukci indikátoru. Roztok redukovaného indikátoru je bezbarvý. V pravé části, která je odstíněná alobalem, je roztok indikátoru tmavě fialový.



### **Motivační text o Albertu Einsteinovi** <sup>9,13</sup>

Současné pojetí světla a vlastně i světa samotného vychází z teorií jednoho muže. Na konci 19. století si fyzikální svět myslel, že všechny nejdůležitější teorie jsou vymyšleny, všechny nejdůležitější jevy jsou vysvětleny a principy světa jsou v podstatě jasné. Příroda se skládala z atomů, z kterých jsou složeny všechny hmotné objekty, a jakéhosi éteru, neviditelného prostředí, v kterém probíhají elektromagnetické jevy. Pak se událo několik šťastných náhod, pár vydařených experimentů a celý fyzikální svět se zborčil. Bylo nutné postavit nové teorie, vysvětlit staré jevy novým způsobem a zažehnat krizi ve fyzice. Právě do této doby vstoupil muž, který obrátil vědecký svět vzhůru nohama. Tento muž, který se narodil v německém Ulmu, jako student zrovna nevyňikal, měl přirozený odpor k biflování a k autoritám. Gymnázium nedokončil, protože se mu nepodařilo během posledního roku svých studií školu alespoň jedinkrát navštívit. Jmenoval se Albert Einstein. Po své neslavné středoškolské kariéře byl Einstein bez maturitního vysvědčení přijat na curyšský Polytechnický institut a maturitní zkoušky složil později a to nadvakrát. Tuto školu nepříliš úspěšně dokončil, poté učil na několika středních školách a od června 1902 působil na Federálním patentovém úřadě v Bernu. Právě zde ve volném čase vypracoval své slavné práce zabývající se fotoelektrickým jevem, teorií Brownova pohybu, speciální teorií relativity, kvantovou teorií tepelných kapacit pevných klátek apod. Poté začal působit jako pedagog a vědec, přednášel na mnoha univerzitách a dokonce i na Karlo-Ferdinandově univerzitě v Praze. V Praze bydlel s ženou Milevou a syny Eduardem a Hansem Albertem v dnešní Lesnické ulici č. 7. Einsteinova rodina si v Prahu příliš neoblíbila, zejména jeho žena si stěžovala, že je Praha město špinavé, zchátralé, nepřátelské a že je všude cítit napětí mezi Čechy a vládoucími Habsburky. Co se týká české povahy Einstein říkal, že Češi jsou neochotní a oplývají nezájmem o druhé. Taková podivná směs nabubřelosti a poníženosti. Einstein mnohokrát porovnával české studenty se švýcarskými. Tvrdil, že švýcarští studenti byli mnohem schopnější a zapálenější pro věc. Podobný dojem měl i ze seminářů či diskuzí se svými kolegy. Tím úplně nejhorším bylo podle Einsteinových slov ta nesmyslná byrokracie. Papírování, které nemělo konce. Einsteinův pražský pobyt připomínají tři pamětní desky. Jedna je ve vestibulu Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy ve Viničné 7, druhá je v Lesnické ulici a třetí je na Staroměstském náměstí 551/17.

Albert Einstein patřil k nejfotografovanějším a nejpoblíbenějším vědcům světa. Krom svých vědeckých úspěchů je znám také svými pacifickými názory. Varoval před atomovými zbraněmi, na jejichž vývoji se zpočátku také podílel. Mnoho lidí si myslí, že Albert Einstein dostal Nobelovu cenu za teorii relativity. Není tomu tak, obdržel ji za vysvětlení fotoelektrického jevu. Jeden z největších fyziků lidských dějin zemřel 18. dubna 1955 v princetonské nemocnici. Když ho pět dnů před tím chtěli lékaři operovat a tím mu prodloužit život, odmítl se slovy „svoje jsem vykonal, je čas jít.“

### 4.3.5 Samozápalné olovo

**Kapitola: Světlo a oheň**  
**Klasifikace: L 2**

#### **Cíl úlohy**

Seznámit žáky s přípravou pyroforického olova a demonstrovat jeho pyroforické vlastnosti. Zopakovat správné postupy pro základní laboratorní operace.

#### **Úvod**

Pyroforické látky jsou samozápalné na vzduchu. Žáci si v této úloze zopakují téměř všechny základní laboratorní operace (vážení, rozpouštění, filtrování, žíhání) a odměnou jim bude proud jisker vzniklý z jimi připraveného pyroforického olova. Laboratorní práce je vhodná např. k doplnění učiva o kovech či o vlastnostech látek.

#### **Časová a experimentální náročnost**

Cca 45 minut. Žíhání je nutné provádět v digestoři nebo na dobře odvětraném místě. Pozor na práci s horkou zkumavkou.

#### **Chemikálie**

Trihydrát octanu olovnatého, tetrahydrát vinanu draselno-sodného, voda.

#### **Pomůcky**

2 kádinky, filtrační papír, Büchnerova nálevka, odsávací baňka, zdroj vakua, Petriho miska, skleněná tyčinka, zkumavka, držák na zkumavky, kahan, nehořlavá podložka.

#### **Postup**

Navážíme 3,8 g trihydrátu octanu olovnatého a rozpustíme v kádince, v co nejmenším množství vody. Poté navážíme 2,8 g trihydrátu vinanu draselno-sodného a v jiné kádince rozpustíme v co nejmenším množství vody. Slijeme oba roztoky a důkladně je promícháme. Vzniklou bílou sraženinu vinanu olovnatého odfiltrujeme na Büchnerově nálevce, či klasicky přes nálevku s filtračním papírem. Poté sraženinu vysušíme filtračním papírem. Takto připravený vinan olovnatý převedeme do zkumavky a žíháme jej v horizontální poloze nad kahanem v digestoři do té doby, dokud se uvolňuje plyn. Poté zkumavku odstavíme z kahanu a její obsah vysypeme z výšky na nehořlavou podložku a pozorujeme.

#### **Pozorování**

Smícháním roztoku trihydrátu octanu olovnatého a tetrahydrátu vinanu draselno-sodného se vyloučila bílá sraženina vinanu olovnatého. Roztok může mít až kašovitou podobu. Velmi jemné bílé krystalky vinanu olovnatého po vysušení a žíhání ve zkumavce ztmavnou a přemění se na černý prášek, pyroforické olovo. Po vysypání ze zkumavky na nehořlavou podložku se objeví proud jisker.



### **Vysvětlení experimentu**

Octan olovnatý reagoval s vinanem sodno-draselným na vinan olovnatý, octan sodný a octan draselný. Vinan olovnatý se ve zkumavce tepelně rozložil na jednodušší organické látky, které vyprchaly v podobě plynů a pyroforické olovo, tedy olovo samozápalné na vzduchu. Důvodem, proč je takto připravené olovo pyroforické, je jeho velmi jemné rozptýlení a tedy i velká kontaktní plocha pro reakci s kyslíkem. Vyklopením obsahu zkumavky z výšky na podložku se olovo dostane do kontaktu se vzdušným kyslíkem a zreaguje s ním (shoří) na oxid olovnatý. Pyroforické vlastnosti si za nepřístupu vzduchu, např. uzavřené ve zkumavce, uchová takto vzniklé olovo po několik dní. Poté obvykle v důsledku nedokonalého utěsnění a zvlhnutí své pyroforické vlastnosti ztrácí.

### **Diskuze**

Tento pokus je uveden v práci Miloslava Straky<sup>22</sup>, kde se provádí rovnou tepelný rozklad vínanu olovnatého bez podrobného vysvětlení. Doplnil jsem pokus o přípravu této soli z práce Martina Hrubého<sup>54</sup>, dále jsem jej teoreticky vysvětlil s použitím informací z EuroChem<sup>70</sup> a dalších internetových zdrojů<sup>55,69</sup> a celý postup jsem didakticky zpracoval.

### **Fotodokumentace**

Proud jisker je tak rychlý, že se mi jej nepodařilo fotograficky zaznamenat.

## 4.4 PROFESE

### 4.4.1 Obecný úvod k profesím

Chemie je fascinující obor, jehož poznatků využívá celá řada profesí. V dnešní době je zaznamenán určitý odklon od přírodovědných věd a technických oborů obecně, a proto mnoho chemických profesí bojuje s nedostatkem schopných lidí. V této kapitole představím tři profese, které bezprostředně souvisí s chemií. Texty k jednotlivým profesím mají odlišnou strukturu než texty v předešlých kapitolách. Návod je psán pro žáky a informace pro učitele jsou uvedeny v části Metodické pokyny pro učitele. Pro tuto úpravu jsem se rozhodl proto, aby se udržela návaznost celé úlohy. Nevýhoda těchto laboratorních prací, zejména prvních dvou, je jejich značná časová náročnost, proto je navrhuji zapojit do většího celku v rámci výuky, např. doplnit jinými polymeračními reakcemi v případě Restaurátora nebo nějakou reakcí s celulosou v případě Syntetického chemika, či je dokončit přímo ve vyučovací hodině, což umožňuje jejich didaktické zpracování v této práci. Laboratorní práce jsou navrženy tak, abych jejich dokončení ve vyučovací hodině nečinilo žádné obtíže.

První laboratorní práce představuje profesi restaurátora a je klasifikována jako L 3. Během této práce budou žáci zhotovovat repliku malého objektu za pomoci silikonové formy. Tato práce je velmi netradiční, zajímavá, poučná a zábavná. Obsahuje podrobné chemické vysvětlení a detailní postupy pro výrobu silikonových forem. Vyrobené repliky si žáci mohou odnést na památku, což nebývá v chemii časté.

Druhá laboratorní práce představuje profesi syntetického chemika. V této práci žáci připraví aminokuprátovou metodou polosyntetické vlákno Rayon. Laboratorní práce je střední obtížnosti, tedy ji klasifikuji jako L 2.

Třetí laboratorní práce představuje profesi klinického biochemika. Během této práce studenti poznají základní diagnostický princip při vyšetřování moči a naučí se základní projevy několika onemocnění, která se dají diagnostikovat vyšetřením moči. V této práci se používají obdobné indikátorové papírky jako v pokusu Laktosová intolerance, kde je v motivačním textu vysvětlen princip fungování těchto papírků (viz str. 38).

#### 4.4.2 Restaurátor

**Kapitola: Profese**  
**Klasifikace: L 3**

##### Cíl úlohy

Cílem této laboratorní práce je představit žákům jednu z nejzajímavějších profesí, která má chemické základy a zároveň zopakovat některé pojmy a reakce (kondenzace, adice, katalyzátor apod.), které slyšeli ve vyučovacích hodinách organické chemie.

##### Časová a experimentální náročnost

Cca 45 minut v prvním dni, 30 minut v druhém dni. S toluenem může pracovat pouze učitel a to za dodržení všech bezpečnostních předpisů.

##### Metodické pokyny pro učitele

Žáci by měli pracovat ve skupinkách po dvou až třech. Každá skupinka si opatří nějaký malý předmět, např. minci, medaili, těžítka, který poslouží jako „historický předmět“, jehož repliku, popř. zvětšenou repliku se pokusíme v rámci laboratorních prací vytvořit. Pro vytvoření repliky potřebujeme silikonový obtisk předmětu, popř. trojrozměrnou silikonovou formu, který se následně vyplní sádrou, voskem či nějakým jiným materiálem. Já jsem v laboratorní práci použil padesátikorunu a dvacetikorunu jako předměty, od kterých jsem vyráběl obtisk (označení 2D objekt) a plastového mimozemšťánka, od kterého jsem vyráběl trojrozměrnou repliku (označení 3D objekt).

Silikonová forma vzniká katalytickou vulkanizací (zesít'ováním) komerčně dostupného silikonového kaučuku. Podrobnější popis a princip je uveden v úvodu pro žáky.

Vzniklou silikonovou formu je možné zvětšit ponořením do toluenu nebo jiného vhodného rozpouštědla. Následným vyplněním voskem nebo sádrou můžeme získat zvětšenou repliku. Konkrétní druh rozpouštědla závisí na typu kaučuku. Tato informace bývá obsažena v listu od výrobce. Působením toluenu forma se zvětší, ale neztratí svoje mechanické vlastnosti. Zvětšování forem pro trojrozměrné objekty je problematické a nedoporučuje se provádět.

Je nutné upozornit žáky, že se vytvoření formy nemusí podařit a předmět se může poškodit, ať tedy nenosí **nic cenného!** Dále je možné vulkanizaci urychlit zahřátím dle typu silikonu, pokud ovšem zvýšená teplota nepoškodí předmět. Také je nutné žáky předem upozornit na to, že předmět by měl být celistvý a nedrolivý.

V odborné praxi volba vhodného silikonového kaučuku samozřejmě závisí na materiálu objektu, jeho detailech, podmínkách vulkanizace a mnoha dalších faktorech. Pro účely této laboratorní práce postačí např. Lukopren N 1522, který se dá zakoupit v sadě již s katalyzátorem, viz odkazy níže. Tento kaučuk je kondenzovaného typu. Kilogramová sada obsahuje pastu LUKOPREN (900 g nebo 1 kg - záleží na typu kaučuku) a 30 g Lukopren katalyzátoru s pipetkou za cenu 356 Kč včetně DPH. Tyto materiály je možné zakoupit např. na <http://krustashop.cscstavby.cz>

Viskozita silikonového materiálu může být různá od tekutých, které se používají na jemné detaily až po konzistenci pasty, které se nanášejí špachtlemi a jsou vhodné např. pro nástěnné reliéfy. Viskozitu lze také ovlivnit různými ředidly, či množstvím katalyzátoru, což bývá uvedeno v listu od výrobce. Typ a dávkování katalyzátoru ovlivňuje rychlost vulkanizace a tedy i dobu zpracovatelnosti, dále pružnost výsledné pryže. Je tedy rozumné držet se při dávkování dolní hranice udávané výrobcem materiálu. V každém případě je nutné si práci s daným materiálem nejdříve vyzkoušet. Lukopren N 1522 patří mezi pasty, bude tedy nanášen špachtlí. Konečných mechanických vlastností se dosáhne obvykle minimálně po 4 hodinách, ale je výhodnější nechat vulkanizaci probíhat přes noc, proto

doporučuji tuto práci zahájit v jedněch laboratorních cvičeních a dokončit ji v následujících nebo přímo ve vyučovací hodině. Zbytek hodiny může být věnován např. výkladu o pigmentech nebo dokonce přípravou některých historických pigmentů, kterými se může posléze naše replika upravit.

Při odborném restaurátorském zásahu se nejprve provádí zkouška na málo viditelném místě objektu, zda je kaučuk nepřilnavý, aby nedošlo k poškození předmětu. Pokud není, musí se provést separační nátěr, např. zředěné mazlavé mýdlo, roztoky parafinu, vazelína, vodné roztoky methylcelulosity, akrylátové laky nebo nitrolaky. Výběr a aplikace nátěru je již velmi komplikovaná záležitost, proto uvádím pouze ošetření vazelínou.

### **Chemikálie**

Toluen, Lukopren N 1522, Lukopren katalyzátor, vosk nebo sádra.

### **Pomůcky**

Plastový rámeček, špachtle, podložky, předmět pro výrobu formy (medaile, mince...), plastelína, vazelína, plastové kelímky, nepřilnavé kolíčky (např. magnetická míchadla).

### **Úvod**

Restaurování je vědecký obor, který studuje metody a principy ochrany, obnovy a konzervace historických objektů. Co všechno se dá restaurovat? Takřka všechno od obrovských objektů jako jsou historická schodiště, nástěnné malby, či varhany až po objekty velmi malé jako jsou například šperky.

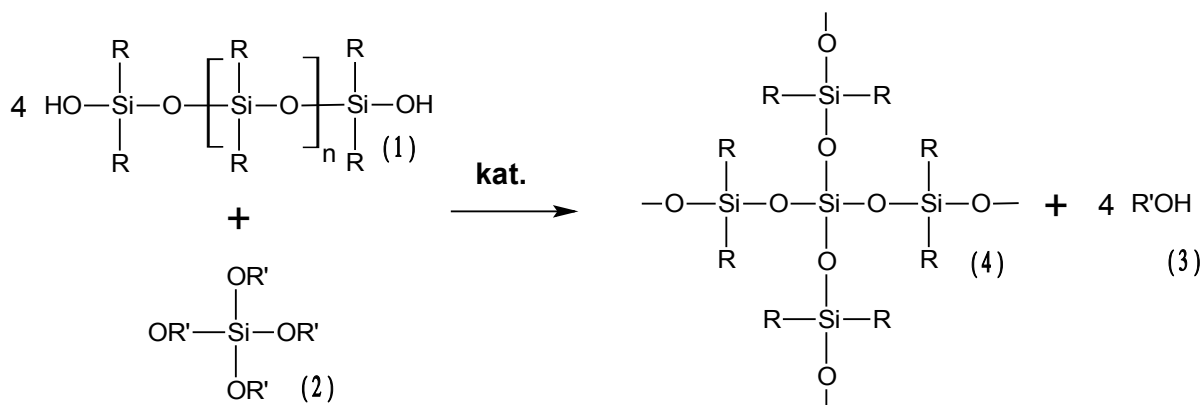
Historie restaurování sahá mnoho set let nazpět. Prvními restaurátory byli samotní umělci, kteří svá díla nebo díla ostatních mistrů opravovali a vylepšovali. Bohužel tato rekonstrukce často dílo poškodila ať už mechanicky (nově zaváděné pigmenty mohly zreagovat s pigmenty již přítomnými) nebo esteticky (dvě stě let starý obraz vypadal jako nový). Až v 19. století převládl názor, že restaurování vyžaduje krom uměleckých schopností ještě další znalosti a to zejména historie, dřívější umělecké techniky, složení starých pigmentů a materiálů apod. I v dnešní moderní době se hledá kompromis mezi konzervováním historických předmětů a jejich restaurováním. Konzervování znamená, že předmět bude více odolávat času a zůstane takový jako je. Kdo se ale bude chtít koukat na vybledlý obraz, či fresku na které není už skoro nic vidět? Restaurování znamená jakési oživení, obnovení poškozených částí a celkové omlazení předmětu <sup>88</sup>.

### **Úkol**

V této laboratorní práci si představte, že jste restaurátoři, kteří dostali za úkol vyhotovit duplikát malého „historického předmětu“, který jste si přinesli z domova. Nejprve budete muset vyrobit odlitek, jakýsi obtisk předmětu, ze kterého následně vyrobíte duplikát z vosku či sádry. Pro výrobu odlitků jsou v současnosti používány pružné formy ze silikonových kaučuků. Jedná se o dvousložkové kaučuky, kdy po smíchání pasty s katalyzátorem dochází k vulkanizaci (zesíťování, ztuhnutí) v celé hmotě, která poté nemá adhezi k podkladu (předmětu), tedy se dá snadno oddělit. Výhodou těchto materiálů je dokonalá reprodukce detailů originálu a snadné vyformování vytvořeného odlitku díky vysoké pružnosti formy. Poté do takto vytvořené formy nalijete sádro, nebo vosk a po ztuhnutí budete mít kopii původního předmětu.

Princip vulkanizace, tedy zesíťování, či ztuhnutí může být dvojitý. Prvním z nich je tzv. polykondenzace, kterou využijete v přípravě své formy. Tato reakce je uvedena obrázku č. 49. V průběhu polykondenzace reagují hydroxyskupiny základního silikonového polymeru **(1)** s druhou menší složkou **(2)**. Při této reakci se odštěpuje např. alkohol **(3)**. Pro vyvolání

vulkanizace je nutná přítomnost vhodného katalyzátoru, obvykle nějaké organokovové sloučeniny. Výsledkem vulkanizace je elastický materiál, tzv. silikonová pryž **(4)** <sup>89</sup>. Druhým mechanismem je adiční vulkanizace, jejíž vysvětlení přesahuje rámec střední školy.



**Obrázek č. 49 Reakční mechanismus polykondenzace** <sup>89</sup>

### Postup pro 2D objekt

Položíme plastový rámeček na podložku. Natřeme vnitřní stěny rámečku a podložku vazelínou. Poté vyplníme dno rámečku plastelínou (cca 5 mm výšky). Očistíme objekt, popřípadě jej také ošetříme vazelínou a vložíme do rámečku. Velice pečlivě v plastovém kelímku smícháme předmětu přiměřené množství Lukoprenu s odpovídajícím množstvím katalyzátoru dle listu výrobce. Čím lépe materiály smícháme, tím lepší formu získáme. Zároveň je potřeba míchat tak, aby do materiálu proniklo co nejméně vzduchu. Případné bubliny mohou zapříčinit roztržení formy nebo nedokonalý obtisk. Poté za pomoci špachtle převrstvíme objekt v rámečku a necháme vulkanizovat dle pokynů učitele. Plastový kelímek od Lukoprenu vyhodíme. Po vulkanizaci vyjmeme silikonovou formu a vyplníme ji sádrou, či tekutým voskem. Po zaschnutí opatrně vyjmeme odlitek.

### Postup pro 3D objekt

V případě, že se jedná o trojrozměrný objekt je postup následující. Položíme plastový rámeček na podložku. Natřeme vnitřní stěny rámečku a podložku vazelínou. Poté vyplníme dno rámečku plastelínou (výška plastelíny záleží na rozměru objektu, musí to být více než polovina výšky ležícího objektu). Očistíme objekt, popřípadě jej také ošetříme vazelínou a vložíme do rámečku. Zatlačíme jej do plastelíny přibližně do poloviny výšky ležícího objektu. Dále do plastelíny okolo objektu vložíme kolíčky, které budou později obě části formy spojovat. Velice pečlivě v plastovém kelímku smícháme předmětu přiměřené množství Lukoprenu s odpovídajícím množstvím katalyzátoru. Čím lépe materiály smícháme, tím lepší formu získáme. Zároveň je potřeba míchat tak, aby do materiálu proniklo co nejméně vzduchu. Případné bubliny mohou zapříčinit roztržení formy nebo nedokonalý obtisk. Pomocí špachtle převrstvíme objekt v rámečku a necháme vulkanizovat dle pokynů učitele. Plastový kelímek od Lukoprenu vyhodíme. Poté rámeček otočíme a vyjmeme plastelínu včetně kolíčků. Povrch včetně důlků po kolíčcích potřeme vazelínou. Dále vložíme dutou trubičku tak, aby jeden její konec přiléhal k objektu a druhý vyčníval ven. Touto trubičkou budeme později lít sádrou do formy. Trubičku umístíme a nalijeme novou vrstvu Lukoprenu a dáme opět vulkanizovat. Vzniknou tak dvě poloviny formy,

kteře se dají spojit vzniklými kolíčky ze silikonu. Po vulkanizaci vyjmeme obě části silikonové formy, slepíme je izolepou a trubičkou nalijeme sádku, či tekutý vosk. Po zaschnutí opatrně vyjmeme odlitek.

### Diskuze

Tuto laboratorní práci jsem navrhl a zpracoval na základě odborných materiálů, které mi poskytla Ing. Kateřina Doubravová, Ph.D. z Ústavu chemické technologie restaurování památek VŠCHT<sup>89,90</sup>. Materiály jsem zjednodušil, upravil a didakticky zpracoval pro střední školu. Laboratorní práci jsem ověřil a pořídil fotodokumentaci.

### Fotodokumentace

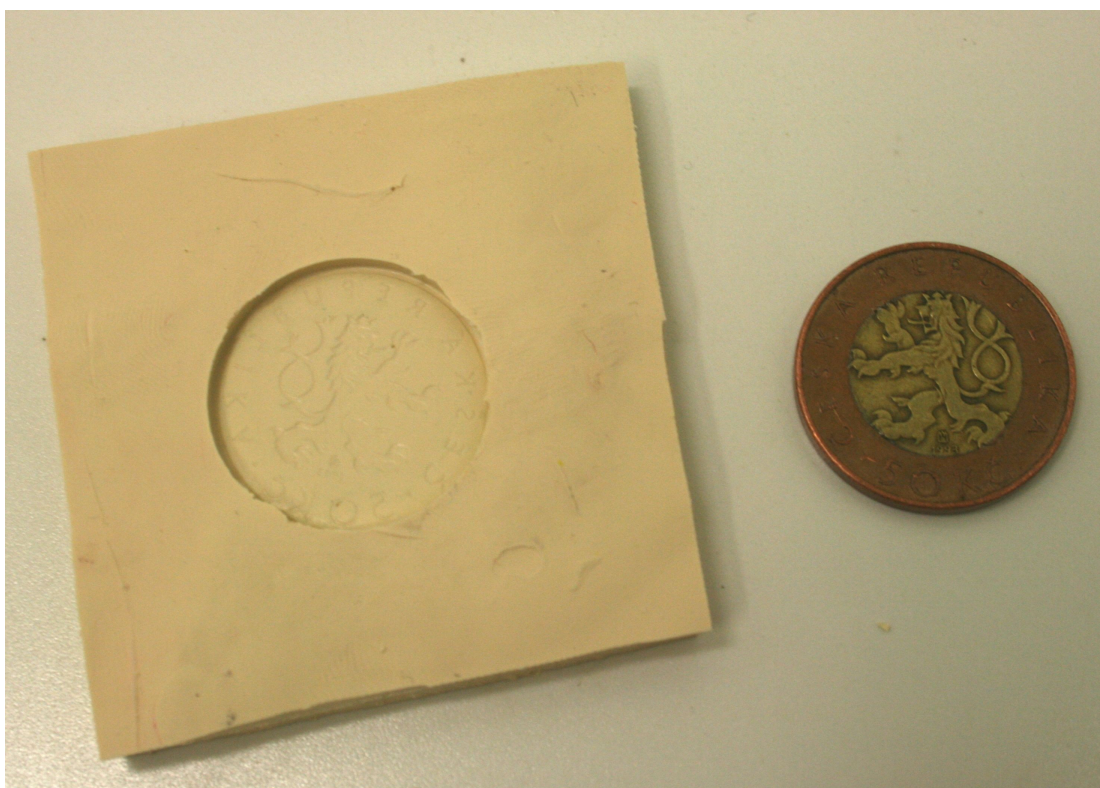


**Obrázek č. 50 Příprava experimentu** – „historická mince“, Lukopren N 1522, Lukopren katalyzátor, vazelína, plastový rámeček s podložkou, plastelína a špachtle.





**Obrázek č. 51 Probíhající vulkanizace** – po převrstvení objektu silikonovou pastou nastává vulkanizace, čili zesíťování jednotlivých složek za vzniku pružné silikonové formy.

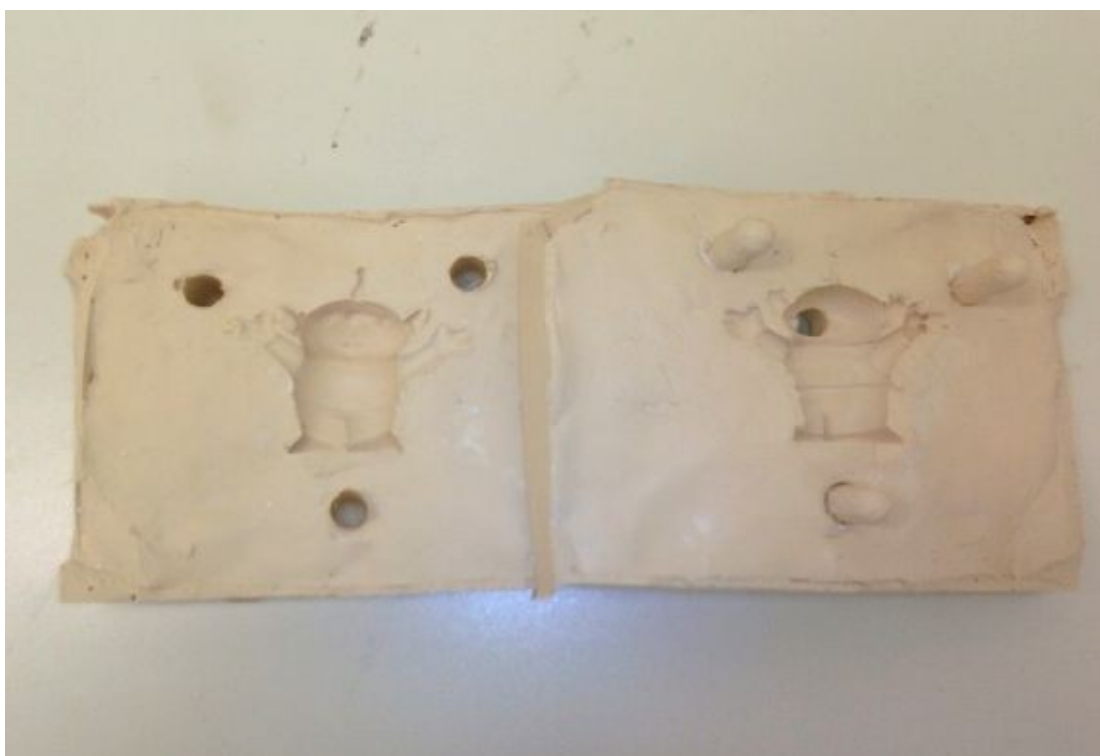


**Obrázek č. 52 Silikonová forma „historické mince“** – po vulkanizaci se forma snadno oddělila od objektu. Nyní stačí formu vyplnit sádkou či voskem a získáme odlitek „historické mince“.





**Obrázek č. 53 Zvětšování objektu** – nechá-li se forma např. přes noc v toluenu nebo jiném rozpouštědle, forma se zvětší. Zvětšení záleží na druhu rozpouštědla a kaučuku. Zvětšení formy z Lukoprenu N 1522 za použití toluenu bylo cca 40%.



**Obrázek č. 54 Silikonová forma pro trojrozměrné objekty** – viditelné silikonové kolíčky pro spojení obou polovin forem vznikly tak, že se při prvním odlívání zapíchly tři kolíčky kolem objektu. Před druhým odlíváním se tyto kolíčky vyjmuly, díry se vymazaly vazelínou a vše se zalilo druhou vrstvou Lukoprenu, čímž se vytvořili silikonové kolíčky.



**Obrázek č. 55 Mimosťan a jeho trojrozměrný odlitek – anténka se bohužel během vyformování repliky ulomila.**

### 4.4.3 Syntetický chemik

**Kapitola: Profese**  
**Klasifikace: L 2**

#### Cíl úlohy

Cílem této laboratorní práce je představit žákům profesi syntetického chemika. Připravit polosyntetické vlákno aminokuprátovou metodou a tím žákům ukázat, jak se chemie uplatňuje v textilním průmyslu.

#### Časová a experimentální náročnost

Cca 45 minut první den, 20 minut druhý den.

#### Metodické pokyny pro učitele

Tato laboratorní úloha, i přes své jednoduché provedení, obsahuje mnoho poznatků, o kterých se žáci učili v hodinách chemie (komplexní sloučeniny, biopolymery, umělá vlákna apod.) Nevýhodou je, že rozpouštění celulosy v Schweizerově činidle trvá dlouho, proto navrhuji během prvního laboratorního cvičení připravit Schweizerovo činidlo a zbytek hodiny věnovat jiným experimentům a v následujícím laboratorním cvičení, či přímo ve vyučovací hodině, práci dokončit.

#### Chemikálie

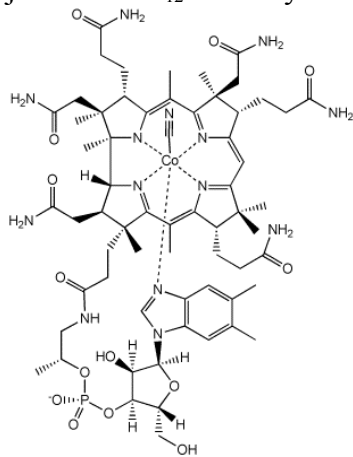
Pentahydrát síranu měďnatého, voda, drcený led, hydroxid sodný, koncentrovaný vodný roztok amoniaku, kyselina sírová ( $c = 1,5 \text{ mol/dm}^3$ ).

#### Pomůcky

Kádinky, Erlenmeyerova baňka se zátkou (250 ml), velká Büchnerova nálevka, odsávací baňka, zdroj vakua, filtrační papír, odměrný válec, špička pro automatickou pipetu, injekční stříkačka, nůžky.

#### Úvod

Chemická syntéza patří k jedné z nejvýznamnějších hnacích sil současné chemie. Syntetický chemik musí aktivně znát stovky chemických reakcí a reakčních mechanismů, a proto patří chemická syntéza mezi nejkomplikovanější chemické obory. Během přípravy různých chemických substancí se chemik často setká s problémy, které je nutné obejít a navrhnout jiný způsob řešení a právě tyto problémy přináší do chemie nové postupy a vedou k novým objevům. V současné době dokážeme připravit i tak složité molekuly jako je vitamin B<sub>12</sub> uvedený na obrázku č. 56.



**Obrázek č. 56 Vitamin B<sub>12</sub>** <sup>96</sup>

## Úkol

Dnešním úkolem bude příprava polosyntetického vlákna Rayonu. Taková vlákna se po desítky let běžně používají v textilním průmyslu a existuje jich mnoho druhů. Vy připravíte umělé mědnaté vlákno, tzv. mědnaté hedvábí, známé také pod komerčním názvem Rayon.

Německý chemik Eduard Schweizer objevil, že komplexní sloučenina hydroxidu tetraamminmědnatého rozpouští celulosu. Tohoto jevu využili pánové Max Fremery a Johann Urban, kteří vyvinuli metodu pro produkci umělých vláken<sup>39,73,74</sup>.

Co znamená polosyntetický? Základním stavebním kamenem Rayonu je celulosa, tedy přírodní polymer glukosy, který se v přírodě vyskytuje v podobě příliš krátkých vláken pro textilní průmysl. V tomto experimentu se celulosa rozpustí roztokem hydroxidu tetraamminmědnatého a poté se protlačením do roztoku kyseliny sírové přes malý otvůrek vytvoří vlákna dlouhá, která se již dají textilně zpracovat. Kyselina sírová totiž rozkládá hydroxid tetraamminmědnatý, a proto se celulosa opět formuje do podoby nerozpustných vláken. Protože je Rayon vyráběn z běžně se vyskytujícího polymeru, nejedná se tedy o čistě syntetické vlákno, ale ani o čistě přírodní, jako je například pravé hedvábí, protože je chemicky zpracováváno. Vlákna mají vysokou afinitu k substantivním (přímým) barvivům, barvením se dá dosáhnout velmi zářivých barev. V současné době je umělé hedvábí stejně oblíbené a mnohem levnější než hedvábí pravé<sup>38,39,73,74</sup>.

## Postup

25 g pentahydrátu síranu mědnatého umístíme do kádinky. Přilijeme 100 ml vody a za stálého míchání síran rozpustíme. Do druhé kádinky vlijeme 50 ml vody a přidáme nadrcený led tak, aby objem tekutiny byl přibližně 130 ml. Poté do kádinky s ledem po malých částech přidáme 8 g hydroxidu sodného. Roztok hydroxidu při pokojové teplotě a za stálého míchání vlijeme do roztoku síranu. Slitím roztoku vznikne mléčně modrá sraženina nerozpustného hydroxidu mědnatého. Přes velkou Büchnerovu nálevku sraženinu přefiltrujeme. Sraženina je velmi jemná, je proto možné že se bude muset filtrace několikrát opakovat. Po přefiltrování veškeré sraženiny ji propláchneme 10 ml vody. Filtrační papír i s hydroxidem přemístíme do 250 ml Erlenmeyerovy baňky a za stálého míchání přidáme 90 ml koncentrovaného vodného roztoku amoniaku. Přidávání amoniaku provádíme v digestoři nebo na dobře odvětraném místě. Vznikne tmavě modrý hydroxid tetraamminmědnatý (tzv. Schweizerovo činidlo). Poté přidáme na malé kousky roztrhaný filtrační papír (20 x 20 cm). Tím jsme přidali celulosu, která se v roztoku Schweizerova činidla rozpustí. Rozpouštění trvá dlouho, ideálně 24 – 48 hodin.

Vlijeme 300 ml kyseliny sírové o koncentraci 1,5 mol/dm<sup>3</sup> do 600 ml kádinky. Poté nalijeme roztok celulosy do 250 ml kádinky, jestli je v něm nějaký zbytek papíru nebo jiná nečistota, tak ji vyjme. Naplníme injekční stříkačku roztokem celulosy. Na stříkačku nasadíme vhodně ustřižnutou část špičky pro automatickou pipetu, abychom získali dostatečně malý otvor. Ponoříme stříkačku se špičkou do kyseliny sírové a pomalu vytlačujeme roztok celulosy do kyseliny sírové. Tímto způsobem převedeme celý roztok celulosy do kyseliny sírové. Nitky a shluky, které se objeví, jsou Rayon. Vzniklá vlákna vyjme pinzetou, propláchneme vodou z vodovodu a necháme uschnout.

### Diskuze

Tento experiment je uveden v Illustrated Guide to Home Chemistry Experiments <sup>27</sup>, v české literatuře jsem ho nikde nenalezl. Návod jsem přeložil a upravil. V původním návodu se roztoky pentahydrátu síranu mědnatého a hydroxidu sodného připravují v Erlenmeyerově baňce, což považuji za zbytečné. Dále se přidávají filtrační papíry v celku, což významně zpomaluje rozpouštění, proto jsem se je rozhodl natrhat na malé kousky. Také jsem zvýšil množství přidávaného vodného roztoku amoniaku na 90 ml oproti původním 70 ml. V původním návodu se tvoří vlákno prostřednictvím injekční stříkačky. Tímto způsobem vznikají vlákna velmi tlustá a často tvoří chuchvalce. Proto jsem navrhl nasadit na injekční stříkačku ustříhnutou část špičky pro automatickou pipetu, aby vznikala vlákna tenká a bez chuchvalců. Pokus jsem ověřil, didakticky zpracoval a pořídil fotodokumentaci.

### Fotodokumentace

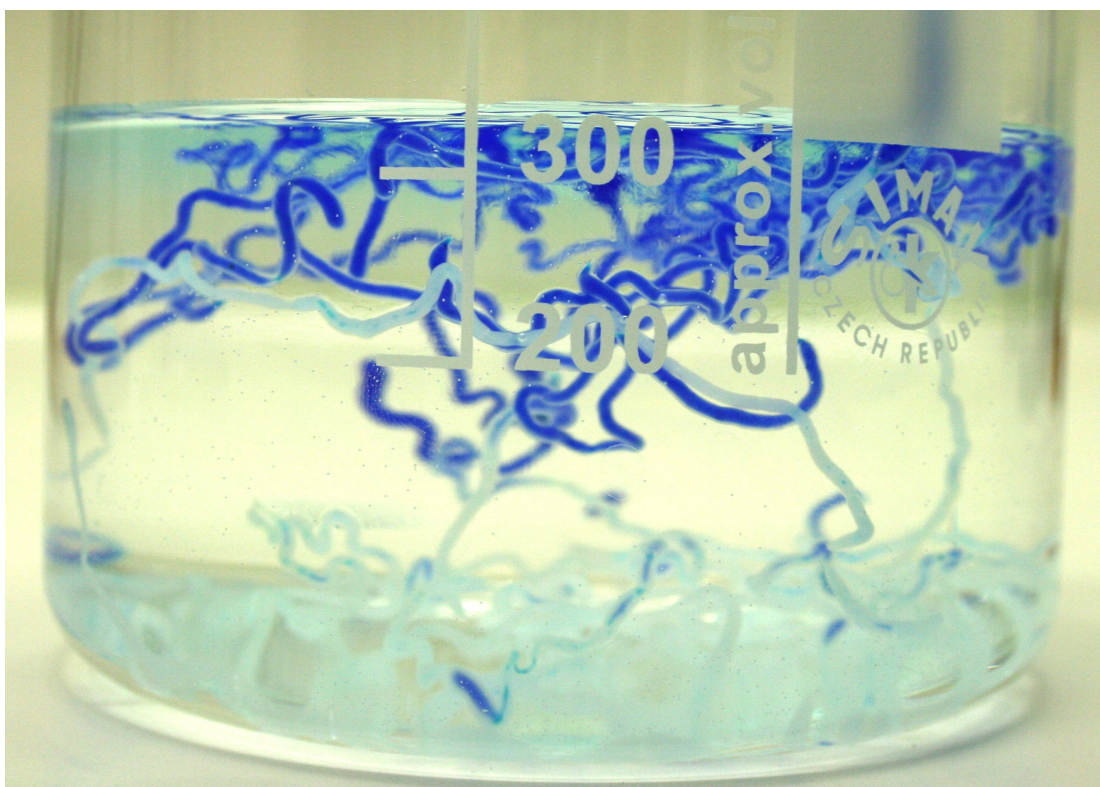


**Obrázek č. 57 Hydroxid mědný** – mléčně modrá sraženina hydroxidu mědnatého vznikla reakcí síranu mědnatého a hydroxidu sodného v roztoku chlazeném ledem.





**Obrázek č. 58 Rayon** – vlákna Rayonu těsně po vymáčknutí roztoku celulosy ze stříkačky.



**Obrázek č. 59 Rayon** – nahoře ještě vlákna neodbarvená, tedy v komplexu s hydroxidem tetraamminmědným, dole jsou již vlákna odbarvená, kde se modrý komplex vlivem kyseliny sírové rozpadl.





**Obrázek č. 60 Vlákna Rayonu** – vlákna polosyntetického polymeru Rayonu připravena amoniokuprátovou metodou.

#### 4.4.4 Klinický biochemik

**Kapitola: Profese**  
**Klasifikace: L 2**

##### Cíl úlohy

Cílem této laboratorní práce je představit žákům profesi klinického biochemika a ukázat, jak se poznatky, které získali ve vyučovacích hodinách, využívají v lékařské praxi. Práce je připravena tak, aby vedla k diskuzi o jednotlivých chorobách, jejich příčinách a následcích.

##### Časová a experimentální náročnost

Cca 45 minut.

##### Metodické pokyny pro učitele

Práci by měli žáci provádět samostatně, každý obdrží vzorek, dokumentaci a suspektní diagnózy. Úkolem žáků bude vzorek analyzovat pomocí indikačních papírků, dále přiřadit k vzorku pacienta a vyslovit suspektní diagnózu. Správní pacienti jsou uvedeni v závorce za každou diagnózou v tabulce 1. Indikátorové papírky jsou běžně dostupné v lékárně, uvedené barevné vyhodnocení platí pro papírky DP Heptaphan od LACHEMA a.s. Brno, jejichž cena se pohybuje kolem 200 Kč/ 50 ks papírků. V případě jiného výrobce bude samozřejmě nutné barevné vyhodnocení obměnit. Princip fungování papírku je vysvětlen v motivačním textu pro laktosovou intoleranci (str. 38).

Nejprve připravte pro žáky 250 ml čaje, nebo postačí i obyčejná voda vhodně obarvená-pro efekt. Následně tekutinu rozdělte do 5 kádinek, 50 ml do každé. Poté do kádinky přidejte (přilijte) takové množství látky, jako je uvedeno v tabulce 1.

**Tabulka 1. Složení vzorků**

Diagnóza	Složení vzorku - 50 ml roztoku		Pravděpodobné naměřené hodnoty
Diabetes mellitus (E)	0,05 g glukosy	5 ml aceton(99%)	5,5 mmol/l glukosy 15 mmol/l acetonu
anorexie (D)	5 ml acetonu		15 mmol/l
glukosová intolerance (C)	0,03 g glukosy		2,8-3 mmol/l
cystitida (B)	1 g bílku	upravit pH hydroxidem*	1 g/l bílkoviny, pH = 8
renální insuficience (A)	1 g bílku	upravit pH kyselinou*	1 g/l bílkoviny, pH = 6

\* Při upravování pH doporučuji opatrnost, aby nedošlo k denaturaci bílkoviny.

##### Chemikálie

Aceton, glukosa, vaječný bílek, kyselina chlorovodíková a hydroxid sodný na úpravu pH

##### Pomůcky

Indikátorové papírky Heptaphan, Petriho misky, kapátka, nakopírované listy „Dokumentace“ a „Suspektní diagnózy“.

## Úvod

V dnešní laboratorní práci si zahrajete na laboranty v biochemické laboratoři a poznáte tak, jak se některá onemocnění projevují navenek a jak se dají z těchto vnějších projevů určit. Je samozřejmé, že v dnešní době se chemické rozborby látek provádějí se špičkovými přístroji, ale nebylo tomu vždycky tak. Ještě před 15-ti lety se každá reakce, která je nyní před vámi reprezentována jedním políčkem indikátorového papírku, prováděla ve zkumavce a celý proces byl velmi pracný a časově náročný. Moderní věda umožnila základní reakce vtěsnat na jeden jediný malý papírek, jehož vyhodnocení trvá několik minut. Práci s ním si nyní vyzkoušíte. Co se vašeho vzorku týká, nejedná se samozřejmě o skutečnou moč, ale o čaj popř. jiný roztok šikovně upravený vašim vyučujícím, tak aby se „chemicky“ choval jako moč.

## Úkol

Z ordinace vám odeslali vzorky „moči“ od neznámých pacientů i se stručnou dokumentací. V první části vaší laboratorní práce se pokuste vzorky analyzovat a vyslovit podezření na onemocnění, kterým by pacient mohl trpět. V druhé části laboratorní práce se pokuste přiřadit jednotlivé diagnózy k pacientům, jejichž pořadí nešikovná sestřička zaměnila.

## Postup

Indikátorový papírek pokapeme vzorkem na Petriho misce a po 60-ti sekundách odečteme barvy, které vyhodnotíme dle přiložené tabulky. Na základě výsledků a konzultace s kolegy se pokusíme vyslovit suspektní diagnózu dle přiloženého listu a přiřadit ji k pacientovi.

Tabulka 2. Barevné vyhodnocení pro papírky Heptaphan

	pH	5	6	7	8	9	
Bílkoviny / Bielkoviny Protein / Белок / Proteini Białko / Fehérje / Proteine		neg.	0,3 30	1 100	5 500		g/ mg/dl
Glukosa / Glukóza Glucose / Глюкоза Glukoza / Glukóz Glucosa		neg.	2,8 50	5,5 100	17 300	55 1000	mmol/ mg/dl
Ketony / Ketóny Ketones / Кетоны Ketoni / Ketonok / Cetone		neg.	1,5 16	5 53	15 156		mmol/ mg/dl
Urobilinogen Уробилиноген Urobilinogén		normal	17 1	51 3	102 6	203 12	µmol/ mg/dl
Bilirubin / Bilirubín Билирубин Bilirubina		neg.	+	++	+++		
Krev / Krv Blood / Кровь Krew / Vér / Sånge		neg.	ca.5 -10	ca.50	ca.250		Ery/µl
Hemoglobin / Hemoglobín Haemoglobin / Гемоглобин Hemoglobina		neg.	ca.10	ca.50	ca.250		Ery/µl

## Dokumentace

### Pacient A

Muž kolem 30-ti let trpí bolestmi zad, nechutenstvím a celkovou slabostí. Poslední dobou velmi mnoho pije a musí chodit často na záchod a také ho nezvykle často pálí žába. Z následné konverzace vyplynulo, že mladý muž je vrcholový manager a nedávno musel, ač mu nebylo příliš dobře, dokončit jeden významný projekt. Od té doby se jeho stav významně zhoršil.

### Pacient B

Do ordinace přišla bledá dívka, s tím, že se necítí dobře. Má nepříjemné pocity v podbřišku a pociťuje bolesti při močení. Včera měla dokonce pocit, že se jí v moči objevila krev. Před třemi dny se vrátila ze školního výletu - byli na vodě a sjížděli Vltavu. Bohužel ten týden nebylo moc hezky, takže několikrát pořádně promokli a ona si myslí, že je nyní jen nachlazená, či má angínu.

### Pacient C

Dobře živený muž, přišel na pravidelné darování krve. Při pohledu na pacienta doktor usoudil, že pacient, ač abstinent, prožil bujarou noc a z rozhovoru posléze vyplynulo, že se pacientův bratr včera ženil. Po svatbě byla hostina, které vévodil sedmipatrový svatební dort.

### Pacient D

Do gynekologické ordinace přivedla maminka 17-ti letou dceru. Dcera byla velmi bledá a nezdravě pohublá. Maminka hystericky vylíčila doktorovi celou situaci. Dívka nedostala měsíčky a maminka se obává, že je těhotná, což by bylo strašné, protože dívka má na čtyři měsíce odjet do zahraničí fotit pro prestižní módní katalog.

### Pacient E

Do ordinace přišla na běžnou prohlídku obtlouklá dáma středních let s tím, že se jí poslední dobou nějak točí hlava a včera dokonce omdlela. Doktor ji zevrubně prohlédl a z jejich rozhovoru vyplynulo, že jí krom občasných bolestí a točení hlavy nic netrápí a že je jinak vcelku spokojená. Celý život se prý trápila různými dietami, ale teď konečně vymyslela ten správný jídelníček, který se dle soudu doktora moc nelišil od jídelníčku Otesánka, a hubne. Jediné, co jí přijde zvláštní je, že denně vypije až 5 litrů vody (že by dodržování pitného režimu?) a to občasné bolení a točení hlavy.

## Suspektní diagnózy

### Vzorek obsahuje glukosu a aceton:

Obsah těchto dvou látek v moči pacienta vede k podezření, že se pravděpodobně jedná o Diabetes mellitus. Organismus, ač zásoben glukosou, z nějakého důvodu ztratil schopnost tuto glukosu zpracovávat. Glukosa se tedy nedostává do buněk, zůstává rozpuštěna v krvi a následně „přetéká“ i do moči. Přítomnost acetonu se vysvětluje nadměrnou tvorbou ketolátek (acetoacetát, D-3-hydroxybutyrát a aceton, který se tvoří dekarboxylací acetoacetátu). Ketogeneze (tvorba ketolátek) je proces, který má za úkol při nějaké metabolické poruše sacharidů, v našem případě Diabetes, zásobovat energií orgány, které nejsou přímo závislé na glukose (např. svaly) a šetřit tak glukosu. Jedna z látek, která v ketogenezi vzniká, acetoacetát, se spontánně přeměňuje na aceton, který jste diagnostikovali v moči. Suspektní diagnóza Diabetes mellitus.

### Vzorek obsahuje pouze aceton:

Příčin výskytu acetonu v moči je velmi mnoho a vysvětlit je by přesahovalo rámec střední školy. Diagnóza se obvykle stanovuje na základně přítomnosti celého spektra dalších látek. Častým důvodem pro výskyt acetonu v moči bývá hladovění, či dieta chudá na cukry. Přítomnost acetonu se vysvětluje nadměrnou tvorbou ketolátek (acetoacetát, D-3-hydroxybutyrát a aceton, který se tvoří dekarboxylací acetoacetátu). Ketogeneze (tvorba ketolátek) je proces, který má za úkol při nějaké metabolické poruše sacharidů, v našem případě jejich nedostatku, zásobovat energií orgány, které nejsou přímo závislé na glukose (např. svaly) a šetřit tak glukosu. Suspektní diagnóza porucha příjmu potravy, anorexie.

### Vzorek obsahuje pouze glukosu:

Samotná glukosa v moči se vyskytuje zřídka kdy. Existují vzácná onemocnění (např. Fanconiho syndrom), jejichž symptomem by glukosa v přítomnosti s jinými látkami v moči mohla být, ale jejich diagnostika by přesahovala rámec vašich laboratorních cvičení. Nejednodušší vysvětlení spočívá v tom, že pacient pozřel velké množství sacharidů, které tělo nebylo schopno najednou zpracovat a tak se část vyloučila močí. Suspektní diagnóza glukosová intolerance. V tomto případě by byl pacient podroben dalším testům (tzv. zátěžové testy), aby se určilo, zda se jedná o náhodu, či zda je to příznak začínajícího Diabetu.

### Vzorek obsahoval bílkoviny a pH moči bylo zásadité:

Bílkoviny v moči naznačují, že je něco v nepořádku s ledvinami, nebo s močovými cestami. Bílkoviny by se totiž přes dobře fungující ledviny a močové cesty neměly do moči vůbec dostat. Jejich molekuly jsou natolik velké, že neprojdou přes stěnu kapilár a zůstávají v krvi. V případě zvýšeného pH moči (normální hodnoty: 4,8-7,8) se s největší pravděpodobností jedná o zánět močových cest. Bakteriální enzym ureáza totiž hydrolyzuje močovinu na amoniak (báze), což zvyšuje pH moči. Suspektní diagnóza cystitida (zánět dolních močových cest).

### Vzorek obsahoval bílkoviny a pH moči bylo kyselé:

Kyselé pH moči s přítomností bílkoviny je jasnou indicií pro podezření na poškození ledvin. Při chronickém selhání ledvin se vyvíjí metabolická acidóza, neboť poškozené ledviny nejsou schopny udržet fyziologickou acidobazickou rovnováhu organismu. K poškození ledvin může dojít podceněním nějakého onemocnění (např. přechozená angína), nebo může pacient mít vrozený defekt ledvin, který je z velké části kompenzován, ale projeví se při nějakém nadměrném stresu. Suspektní diagnóza renální insuficience (snížená funkce ledvin).

### **Diskuze**

Tuto laboratorní práci jsem navrhoval v rámci své bakalářské práce o významu ketoláték pro lidský organismus<sup>32</sup>. Laboratorní práci jsem upravil, vyjmul jsem chemické důkazy glukosy a acetonu a upravil některé formulace, tak aby tato úloha zapadala do rámce diplomové práce.



## 5 DISKUZE A ZÁVĚR

V diplomové práci jsem zpracoval čtyři témata zahrnující z vybrané oblasti organické chemie a biochemie formou demonstračních experimentů a laboratorních prací. Jedná se o témata Proteiny, Světlo a oheň, Kuriozity a Profese. V jednotlivých kapitolách jsou uvedeny zajímavé a netradiční chemické experimenty, které, jak doufám, přispějí k oživení středoškolské chemie. Některé experimenty jsou doplněny motivačním textem, který daný experiment dále rozvádí nebo uvádí zajímavost související s tématem experimentu.

Čtvrté téma zaměřené na profese související s chemií bylo zpracováno tak, aby laboratorní práce danou profesi představila žákům a ukázala jim význam chemie v běžném životě.

Všechny experimenty či laboratorní práce uvedené v diplomové práci byly ověřeny v laboratoři Katedry učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze a fotograficky zdokumentovány. Pouze u experimentu Samozápalné olovo nebyla pořízena fotodokumentace, protože se mi nepodařilo zaznamenat jeho rychlý průběh. Kompletní fotodokumentace i s videozáznamy je uvedena na CD přiloženém k diplomové práci. Pro přehlednost a celistvost jednotlivých laboratorních prací a experimentů uvádím fotodokumentaci i v textu diplomové práce. V experimentální části práce je u každého experimentu a laboratorní práce uvedena diskuze, ve které rozvádím odkud jsem získal námět a jak jsem ho zpracoval. V textu diplomové práce dále zmiňuji i experimenty, které jsem měl v úmyslu zařadit, ale nepodařilo se mi je realizovat. Jsou to syntéza luminolu, opožděný kouř a příprava octanu sodného v podobě podchlazené kapaliny.

Z mého vlastního pohledu jsem se přesvědčil, že nejsložitější částí zpracovávání chemického experimentu pro střední školy je formulování přesného postupu a především formulování jasného vysvětlení předvedených chemických jevů a zákonitostí. Tvorba této práce mě velmi bavila a přispěla mi k prohloubení mých chemických znalostí a také k získání nových.

Doufám, že tato práce nezůstane ležet v univerzitních archivech a bude využita k pochopení chemie a jejích rozmanitých zákonů na středních školách. Stejně tak doufám, že se při provádění experimentů z této práce se žáci i učitelé budou bavit, jako jsem se bavil já, užasnou nad krásou chemie, jako jsem užasl já, a s pokorou připustí, že chemie je jen vědecké potvrzení kouzel a že ji pravděpodobně nikdy zcela nepochopíme.

## 6 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY A INTERNETOVÝCH ZDROJŮ

### Seznam použité literatury

1. AKHAVAN, J. *The chemistry of explosives*. 2nd ed. Cambridge: The Royal Society of chemistry, 2004.
2. BUBNOVÁ, E., BUDĚŠÍNSKÁ, A., KLEIBL, Z., STRÍBRNÁ, J., ZIKÁN, M. *Lekářská chemie, biochemie a molekulární biologie*. 1st ed. Praha: Karolinum, 2007.
3. COULTATE, T. P. *Food, The Chemistry of Its Components*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2002.
4. ČECHOVÁ, K. *Chemie kolem nás v učebních úlohách*. Diplomová práce PřF UK v Praze, Katedra učitelství a didaktiky chemie, 2007.
5. ČTRNÁCTOVÁ, H., HALBYCH, J. *Didaktika a technika chemických pokusů*. 3rd ed. Praha: Karolinum, 2006.
6. ČTRNÁCTOVÁ, H., HALBYCH, J., HUDEČEK, J., ŠÍMOVÁ, J. *Chemické pokusy pro školu a zájmovou činnost*. 1st ed. Praha: PROSPEKTRUM, 2000.
7. DOUBRAVOVÁ, Ch. *Angličtina pro posluchače VŠCHT*. 1st ed. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1999.
8. GRAY, T. *Mad Science: Experiments you can do at home - but probably shouldn't*, 1st ed. New York: Black Dog and Leventhal Publishers, 2009
9. HAŠKOVEC, V., MÜLLER, O. *Galerie geniů*. 1st ed. Praha: Albatros, 2003.
10. HORÁK, J., LINHART, I., KLUSOŇ, P. *Úvod do toxikologie a ekologie pro chemiky*. 1st ed. Praha: VŠCHT, 2007.
11. CHALUPOVÁ, M. *Projekt na téma „Barviva kolem nás“*. Diplomová práce PřF UK v Praze, Katedra učitelství a didaktiky chemie, 2005.
12. KLOUDA, P. *Základy biochemie*. 2nd ed. Ostrava: Pavel Klouda, 2005.
13. KRAUS, I. *Dějiny evropských objevů a vynálezů*. 1st ed. Praha: ACADEMIA, 2001.
14. McKEE, T., McKEE, J.R. *Biochemistry*. McGraw - Hill Companies, 1996.
15. McMURRY, J. *Organická chemie*. 1st ed. Brno: VUTIUM, 2007.
16. NOVÁK, J a kol. *Fyzikální chemie bakalářský a magisterský kurz*. Skriptum VŠCHT Praha, 2008.
17. NYHOLM, R. S. a kol. *Chemistry Collected Experiments*. 1st ed. Middlesex: Penguin Books, 1967.
18. PAVLOVÁ, L. *Fyziologie rostlin*. 1st ed. Praha: Karolinum, 2005.
19. PISKOVÁ, D. *Vonné látky a potravinové přísady*. Diplomová práce PřF UK v Praze, Katedra učitelství a didaktiky chemie, 2005.
20. REITHEL, F. *Concepts in biochemistry*. 1st ed. McGraw-Hill Book Company, 1967.
21. ROESKY, H.W., MÖCKEL, K. *Chemical Curiosities*, trans. T.N. Mitchel and W.E. Russey, New York: VCH Publishers, Inc., 1996, p. 53.
22. STRAKA, M. *Kouzelnické pokusy z chemie*. 1st ed. Žďár nad Sázavou: Informační a metodické centrum, 1997.
23. SÝKOROVÁ, D., MASTNÝ, L. *Návody pro laboratoře z anorganické chemie*. 1st ed. Praha: VŠCHT, 2001.
24. ŠILHÁNKOVÁ, A. *Laboratoř organické chemie*. 1st ed. Praha: VŠCHT, 2007.

25. ŠULCOVÁ, R., BÖHMOVÁ, H., STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E. *Zajímavé experimenty z chemie kolem nás*. 1st ed. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, 2009.
26. ŠULCOVÁ, R., PISKOVÁ, D. *Přírodovědné projekty pro gymnázia a střední školy*. 1st ed. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, 2008.
27. THOMPSON, R. B. *Illustrated Guide to Home Chemistry Experiments*. 1st ed. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc., 2008.
28. URBANOVÁ, M., HOFMANN, J., ALEXA, P. *Fyzika II*. Skriptum VŠCHT Praha
29. VACÍK, J. *Obecná chemie*. 1st ed. Praha: SPN, 1986.
30. VODRÁŽKA, Z. *Biochemie*. 2nd ed. Praha: Academia, 2007.
31. VOET, D., VOETOVÁ, J. *Biochemie*, Praha: Victoria Publishing, 1995.
32. VOZKA, J. *Význam ketoláték pro lidský organismus*. Bakalářská práce PĚF UK v Praze, Katedra učitelství a didaktiky chemie, str. 26-31.2008

### Internetové zdroje

33. <http://pdf.uhk.cz/kch/diplomka/potravin.htm>, 12.12.2009
34. [http://web.natur.cuni.cz/~analchem/nesmerak/0910\\_toxikologie\\_09.pdf](http://web.natur.cuni.cz/~analchem/nesmerak/0910_toxikologie_09.pdf), 1.2.2010
35. <http://www.jtbaker.com/msds/englishhtml/M1469.htm>, 1.2.2010
36. <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/jedy/historie/marsh.htm>, 2.3.2010
37. <http://www.vesmir.cz/clanek/chemicke-oscilacni-reakce>, 1.2.2010
38. [http://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%9B%C4%8Fnat%C3%A1\\_vl%C3%A1kna](http://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%9B%C4%8Fnat%C3%A1_vl%C3%A1kna), 11.11.2009
39. <http://en.wikipedia.org/wiki/Rayon>, 11.11.2009
40. <http://www.quido.cz/osobnosti/votocek.html>, 2.4.2010
41. [http://cs.wikipedia.org/wiki/Alexandr\\_Sommer\\_Bat%C4%9Bk](http://cs.wikipedia.org/wiki/Alexandr_Sommer_Bat%C4%9Bk), 2.4.2010
42. <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/objevite/objev5/vot.htm>, 2.4.2010
43. <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/mercury.html>, 2.4.2010
44. <http://nelterm.kof.zcu.cz/chemie/oscilace/oscilace.htm>, 1.2.2010
45. <http://www.woodrow.org/teachers/ci/1988/thionine.htm>, 17.2.2010
46. <http://www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics1186.htm>, 17.2.2010
47. <http://www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics1173.htm>, 17.2.2010
48. [http://www.chem.leeds.ac.uk/delights/texts/expt\\_11.html](http://www.chem.leeds.ac.uk/delights/texts/expt_11.html), 17.2.2010
49. [http://www.chemie.uni-regensburg.de/Organische\\_Chemie/Didaktik/Keusch/D-Biuret-e.htm](http://www.chemie.uni-regensburg.de/Organische_Chemie/Didaktik/Keusch/D-Biuret-e.htm), 12.11.2009
50. [http://www.chemie.uni-regensburg.de/Organische\\_Chemie/Didaktik/Keusch/D-Xanthoprotein-e.htm](http://www.chemie.uni-regensburg.de/Organische_Chemie/Didaktik/Keusch/D-Xanthoprotein-e.htm), 12.11.2009
51. [http://www.chemie.uni-regensburg.de/Organische\\_Chemie/Didaktik/Keusch/D-Catalase-e.htm](http://www.chemie.uni-regensburg.de/Organische_Chemie/Didaktik/Keusch/D-Catalase-e.htm), 12.11.2009
52. [http://www.chemie.uni-regensburg.de/Organische\\_Chemie/Didaktik/Keusch/D-briggs-e.htm](http://www.chemie.uni-regensburg.de/Organische_Chemie/Didaktik/Keusch/D-briggs-e.htm), 12.11.2009
53. [http://www.chemie.uni-regensburg.de/Organische\\_Chemie/Didaktik/Keusch/D-ice\\_cream-e.htm](http://www.chemie.uni-regensburg.de/Organische_Chemie/Didaktik/Keusch/D-ice_cream-e.htm), 12.11.2009
54. <http://www.chempok.wz.cz/ZCHP20.pdf>, 8.11.2009
55. <http://pyrochem.cz/viewtopic.php?f=13&t=16>, 8.11.2009
56. <https://www.vscht.cz/fch/pokusy/12.html>, 8.11.2009
57. <http://www.cpu.cz/webmagazine/kategorie.asp?idk=179>, 1.2.2010
58. <https://content.sciencelearningcentres.org.uk/centres/national/docs/methane-bubbles-experiment.pdf>, 8.11.2009

59. <http://video.about.com/chemistry/How-to-Make-a-Smoke-Bomb.htm>, 12.1.2010
60. [http://www.chex.wz.cz/exp/org/dymovnice\\_z\\_cukru.html](http://www.chex.wz.cz/exp/org/dymovnice_z_cukru.html), 12.1.2010
61. [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1999\\_01\\_3-14.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1999_01_3-14.pdf), 24.10.2009
62. [http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project\\_ideas/BioChem\\_p031.shtml](http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project_ideas/BioChem_p031.shtml), 24.10.2009
63. <http://www.cambridge.org/us/books/kiple/lactose.htm>, 24.10.2009
64. [http://www.exploratorium.edu/snacks/milk\\_makes-me\\_sick/index.html](http://www.exploratorium.edu/snacks/milk_makes-me_sick/index.html), 24.10.2009
65. <http://www.vltava2000.cz/diety/default.asp?lngDepartmentID=56>, 24.3.2010
66. <http://digestive.niddk.nih.gov/ddiseases/pubs/lactoseintolerance/>, 24.10.2009
67. <http://biomikro.vscht.cz/documents/oek.pdf>, 10.10.2009
68. <http://chemistry.about.com/cs/demonstrations/a/aa050204a.htm>, 13.3.2010
69. <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=61219>, 13.3.2010
70. [http://www.eurochem.cz/index.php?MN=Vyh1%20E1%209Aka+164%20F2004+Sb.&ProdID=0002F806FC0E23860002EC36&R=183&F=164\\_a1\\_005](http://www.eurochem.cz/index.php?MN=Vyh1%20E1%209Aka+164%20F2004+Sb.&ProdID=0002F806FC0E23860002EC36&R=183&F=164_a1_005), 13.3.2010
71. [http://www.nasevejce.cz/vejce\\_jako\\_potravina.php](http://www.nasevejce.cz/vejce_jako_potravina.php), 13.4.2010
72. [http://sport-fitness.cz/net/index.php?product\\_id=840&page=shop.product\\_details&category\\_id=29&flypage=flypage.tpl&option=com\\_virtuemart&Itemid=2](http://sport-fitness.cz/net/index.php?product_id=840&page=shop.product_details&category_id=29&flypage=flypage.tpl&option=com_virtuemart&Itemid=2), 13.4.2010
73. [http://images.google.cz/imgres?imgurl=http://www.niir.org/g/c/ni-181/1.jpg&imgrefurl=http://www.niir.org/books/book/z\\_b,,109\\_a\\_0\\_0\\_a/The%20Complete%20Technology%20Book%20on%20Polymers%20B%28with%20Processing%20B%26%20Applications%29/index.html&usq=\\_\\_6hq\\_YIUPIXikqvC176\\_dL0ucKkg=&h=168&w=261&sz=6&hl=cs&start=21&um=1&itbs=1&tbnid=P3xZ4Cgu50So9M:&tbnh=72&tbnw=112&prev=/images%3Fq%3Dartificial%20silk%20cuprammonium%20method%26start%3D20%26um%3D1%26hl%3Dcs%26client%3Dfirefox-a%26sa%3DN%26rls%3Dorg.mozilla:cs:official%26ndsp%3D20%26tbs%3Disch:1](http://images.google.cz/imgres?imgurl=http://www.niir.org/g/c/ni-181/1.jpg&imgrefurl=http://www.niir.org/books/book/z_b,,109_a_0_0_a/The%20Complete%20Technology%20Book%20on%20Polymers%20B%28with%20Processing%20B%26%20Applications%29/index.html&usq=__6hq_YIUPIXikqvC176_dL0ucKkg=&h=168&w=261&sz=6&hl=cs&start=21&um=1&itbs=1&tbnid=P3xZ4Cgu50So9M:&tbnh=72&tbnw=112&prev=/images%3Fq%3Dartificial%20silk%20cuprammonium%20method%26start%3D20%26um%3D1%26hl%3Dcs%26client%3Dfirefox-a%26sa%3DN%26rls%3Dorg.mozilla:cs:official%26ndsp%3D20%26tbs%3Disch:1), 17.2.2010
74. [http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20080107/TVN\\_Prednaska\\_10.pdf](http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20080107/TVN_Prednaska_10.pdf)
75. <http://www.ssag.sk/SSAG%20study/CHE/IUPAC%20nomenclature%20of%20inorganic%20chemistry4,5.pdf>, 25.2.2010
76. [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-002/](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-002/), 25.3.2010
77. <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/cinidla/nes.htm>, 11.1.2010
78. [http://www.uni-regensburg.de/Fakultaeten/nat\\_Fak\\_IV/Organische\\_Chemie/Didaktik/Keusch/D-oscill-e.htm](http://www.uni-regensburg.de/Fakultaeten/nat_Fak_IV/Organische_Chemie/Didaktik/Keusch/D-oscill-e.htm), 12.11.2010
79. <http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?zdroj=sb03356&cd=76&typ=r>, 25.4.2010
80. [http://www.mzp.cz/cz/pravni\\_predpisy\\_chemicke\\_latky](http://www.mzp.cz/cz/pravni_predpisy_chemicke_latky), 25.4.2010
81. [http://www.uni-regensburg.de/Fakultaeten/nat\\_Fak\\_IV/Organische\\_Chemie/Didaktik/Keusch/D-Mal\\_Isom-e.htm](http://www.uni-regensburg.de/Fakultaeten/nat_Fak_IV/Organische_Chemie/Didaktik/Keusch/D-Mal_Isom-e.htm)
82. <https://www.vscht.cz/fch/pokusy/07.html>, 8.11.2009
83. <http://www.imc.cas.cz/cz/umch/iupaccentre.htm>, 12.5.2010
84. <http://www.ordinace.cz/clanek/cirhoza-jater/>, 20.6.2009
85. [http://tiscali.cz/mult/mult\\_center\\_050224.825264.html](http://tiscali.cz/mult/mult_center_050224.825264.html), 28.12.2009
86. [http://absolventi.gymcheb.cz/2007/jajindr/Stranky/skupenstvi\\_latek.html](http://absolventi.gymcheb.cz/2007/jajindr/Stranky/skupenstvi_latek.html), 10.5.2010
87. <http://krustashop.csestavby.cz>, 20.2.2010
88. <http://cs.wikipedia.org/wiki/Restaurov%C3%A1n%C3%AD>, 20.2.2010

89. [http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/res\\_silikonove\\_formy/index.htm](http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/res_silikonove_formy/index.htm), 20.2.2010
90. [http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/res\\_silikonove\\_formy/zadani.htm](http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/res_silikonove_formy/zadani.htm), 20.2.2010
91. [http://www.mwm.cz/box\\_novinky/n1.htm?&pjmeno=&kredit=&p1=](http://www.mwm.cz/box_novinky/n1.htm?&pjmeno=&kredit=&p1=), 20.3.2010
92. <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/oec/motm.htm>, 20.3.2010
93. <http://chemiluminiscence.xf.cz/>, 20.3.2010
94. [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2008\\_11\\_1017-1019.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2008_11_1017-1019.pdf), 20.4.2010

### **Obrázky**

95. [http://diverge.hunter.cuny.edu/~weigang/Images/05-06\\_denaturation\\_1.jpg](http://diverge.hunter.cuny.edu/~weigang/Images/05-06_denaturation_1.jpg), 14.2.2010
96. [http://www.daviddarling.info/images/vitamin\\_B12.gif](http://www.daviddarling.info/images/vitamin_B12.gif), 24.3.2010
97. <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/jedy/historie/arsen.jpg>, 24.3.2010