

ZÁVĚREČNÁ PRÁCE

Chemické pokusy

Jan Romanovský

Brno 2024

ZÁVĚREČNÁ PRÁCE

CHEMICKÉ POKUSY

CHEMICAL EXPERIMENTS

AUTOR Jan Romanovský

ŠKOLA Gymnázium Brno, třída
Kpt. Jaroše

ŠKOLITELÉ Mgr. Zdeněk Moravec, Ph.D., a
Mgr. et Mgr. Zuzana Plavčanová,
Ph.D.

Brno 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že svou práci na téma *Chemické pokusy* jsem vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Zdeňka Moravce, Ph.D., a Mgr. et Mgr. Zuzany Plavčanové, Ph.D., a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a změně některých zákonů (autorský zákon) v platném změní.

V Brně dne: _____

Jan Romanovský

Anotace

Cílem práce je pojednání o důležitosti chemických pokusů v moderní výuce chemie, dále tvorba lehce přístupného katalogu efektních chemických pokusů, který by sloužil jako pomůcka při výuce chemie na ZŠ a SŠ. Práce je členěna do teoretické a praktické části, dále do podcelků podle logické návaznosti k tématu textu. Cílem teoretické části je podat shrnutou historii výuky chemie v ČR, vymezit chemické pokusy jako pomůcku při výuce chemie a popsát význam chemických pokusů ve výuce. Cílem praktické části je provedení několika pokusů a jejich následné zpracování do katalogu pro potřeby výuky na ZŠ a SŠ.

Klíčová slova

chemický pokus, výuka chemie

Annotation

The goal of this paper is a discourse on the importance of chemical experiments in chemistry education and the creation of an easily available catalogue of simple chemical experiments that would serve as a tool for teaching chemistry at elementary and high schools. The paper is divided into a theoretical and a practical section, then into subsections according to the relation to the topic of the text. The goal of the theoretical section is to tell a concise history of chemistry education in Czechia, to define a chemical experiment as a tool in teaching chemistry, and to describe the importance of chemical experiments in teaching chemistry. The goal of the practical section is the reproduction of a few chemical experiments and their cataloguing for the needs of chemistry education at elementary and high schools.

Keywords

chemical experiment, chemistry teaching

Obsah

Úvod	7
1 Teoretická část	8
1.1 Historie a vývoj výuky chemie	8
1.2 Současná výuka chemie	10
1.3 Co je to chemický pokus?	10
1.4 Proč chemický pokus?	11
2 Praktická část	13
2.1 Metodika	13
2.2 Zpracované pokusy	14
2.2.1 Žíhání skalice	14
2.2.2 Zlatý déšť	15
2.2.3 Chromatografie na papíře	17
Závěr	19
Literatura	21
Seznam obrázků	22

Úvod

Chemie je fascinujícím oborem s širokým využitím v dnešní společnosti. Pro udržení a rozvoj současné úrovně chemie je pak nezbytně důležitá dobrá a zajímavá výuka chemie. Jedním z neopomenutelných prvků výuky chemie jsou chemické pokusy. Tyto pokusy nejenže obohacují výuku o praktické aspekty, ale také hrají klíčovou roli při osvojování teoretických konceptů. Tato práce je zaměřena na popsání důležitosti chemických experimentů v procesu výuky chemie a jejich značné výhody.

Chemické pokusy představují pro studenty mimořádně atraktivní způsob, jak si osvojit chemické pojmy a principy. Prostřednictvím přímé interakce s materiály a pozorováním jejich chování mají studenti možnost vnímat abstraktní teorie jako konkrétní jevy. Tímto způsobem se upevňuje jejich chápání chemických principů a zároveň se rozvíjí jejich zájem o tento obor.

Tato práce se dále zaměřuje na vytvoření katalogu chemických pokusů, který může sloužit jako nástroj pro pedagogy při plánování výuky. Tento katalog zahrnuje pokusy vhodné pro výuku chemie na druhém stupni základní školy a na střední škole. Cílem tohoto katalogu je poskytnout pedagogům nástroj pro efektivní a interaktivní výuku chemie, který podněcuje zvídavost, experimentování a objevování.

Kapitola 1

Teoretická část

1.1 Historie a vývoj výuky chemie

Všeobecná výuka chemie na našem území začíná tzv. „Hasnerovým zákonem“ z roku 1869, který zavádí mimo povinné osmileté školní docházky na obecné nebo měšťanské škole na školách měšťanských výuku předmětu zvaného přírodozpyt. Přírodozpyt měl za úkol učit žáky přírodním zákonitostem, „rozehlírat“ svět kolem nich. Z dnešních předmětů zahrnoval kromě chemie i fyziku. V prvních osnovách přírodozpytu měla chemie asi tříkrát méně místa než fyzika. Byl kladen velký důraz na výuku praktickou, jak ve smyslu výuky pomocí pozorování a pokusu, tak ve smyslu své budoucí využitelnosti na trhu práce, například „o výrobě potravin (cukru, mouky, piva), o výrobních materiálech (oceli, porcelánu, skla, papíru)“, na vesnicích tedy využití v hospodářství a v domácnosti, ve městě využití v průmyslu. Teoretická výuka byla nevyvinutá a považována za zbytečně složitou, teoretické poznatky se žákům dostávaly jen okrajově, a to především těm, kteří pokračovali ve studiu na gymnáziích a reálkách. Zprvu měl přírodozpyt časovou dotaci dvě hodiny týdně v šestém, sedmém a osmém ročníku, toto bylo navýšeno na tři hodiny týdně v roce 1932. [1] Předměty chemie a fyzika byly odděleny až na dalším stupni vzdělání, tedy gymnáziích a reálkách. Zde se také začaly používat při výuce chemické pokusy a v roce 1930 zde byla zavedena povinná

praktická chemická cvičení. [2]

Větší změny přineslo období po druhé světové válce a celková restrukturizace školství zákonem z roku 1948. Byla zavedena jednotná základní škola a výuka chemie nyní byla povinná pro všechny obecně vzdělávací školy, tedy pro devítileté základní školy a čtyřletá gymnázia. Větší část učiva nyní tvořilo mimo anorganické a organické chemie využití chemie v dobových technologiích. Zákon z roku 1953 přinesl další změny, základní škola byla o rok zkrácena a místo gymnázií vznikly tříleté střední školy. To znamenalo redukci učiva, další změnou byly přísně závazné osnovy, ve kterých se na úkor organické a anorganické chemie navíc probírala mineralogie a geologie. Další změnou byl zákon z roku 1960, který znova zavedl devítiletou základní školu. Chemie se vyučovala v osmém a devátém ročníku základní a ve všech třech ročnících středních škol. Obsah vyučované chemie se zvětšil a na středních školách byly budovány první odborné učebny a laboratoře. V učivu byly potlačeny zbytečné výchovné složky a průmyslové poznatky, vyzdvihuji se vzdělávací funkce učiva. Základní škola byla opět zkrácena na osm let zákonem z roku 1976. Ten také znamenal další změnu v osnovách pro chemii, které nyní dávaly příliš velký důraz na teoretické znalosti a upozdňovaly empirické a praktické části chemie. Toto z chemie dělalo předmět obtížnější a mezi žáky méně oblíbený, čemuž rozhodně nepomohlo, že se k němu časté změny ve školství chovaly jako k nadstavbovému předmětu, dost pravděpodobně nadbytečného pro běžného žáka. [2] [3]

Po roce 1989 došlo k dalším změnám školského systému. Závazné osnovy byly po roce 2000 přeměněny na rámcové vzdělávací programy (RVP), které dají školám stupeň volnosti v sestavování školních vzdělávacích programů (ŠVP), dají tedy školám podíl na určení způsobu a obsahu výuky. Takto systém funguje dodnes. [3]

1.2 Současná výuka chemie

Dnes je v RVP chemie spolu s fyzikou, zeměpisem a biologií součástí celku „Člověk a příroda“, který má za úkol „odkrývat metodami vědeckého výzkumu zákonitosti, jimiž se řídí přírodní procesy“ [4], a „tím si uvědomovat i užitečnost přírodovědných poznatků a jejich aplikací v praktickém životě“. [5] V rámci chemie si žák má osvojit obecnou chemii, chemii organickou i anorganickou, základy bezpečnosti práce a praktické využití chemie v dnešním světě. [4] [5]

1.3 Co je to chemický pokus?

Chemický pokus nebo experiment je záměrně vyvolaný proces prováděn cíleným ovlivňováním chemických podmínek, a to za účelem objevení, ověření nebo demonstrace chemického jevu. Chemické pokusy mohou být především dvojího typu, a to demonstrační nebo žákovské. [6]

- demonstrační – předváděné učitelem před třídou, jejich výhodou je snížené bezpečnostní riziko, protože s chemikáliemi pracuje jen učitel, učitel si tedy může dovolit předvádět pokusy složitější a rizikovější, nevýhodou může být neúplné nebo nedostatečné zapojení žáků
- žákovské – prováděné samotnými žáky, jejich výhodou je možnost žáka pronikout hlouběji do dané problematiky, jejich nevýhodou může být potřebnost značné časové dotace a dostupnost vhodného prostoru pro jejich provedení

Další dělení je na experimenty induktivní a deduktivní. [6]

- induktivní – podle výsledků pokusu se vyvozuje obecná pravidla a zákonitosti
- deduktivní – konkrétním experimentem se ověřuje pravdivost předem známých pravidel

Důležitá je také struktura a stavba experimentu, v tomto ohledu rozlišujeme tři fáze pokusu. [6]

- příprava – vše, co probíhá před samotným provedením pokusu, např. příprava látek, příprava pracovního prostředí, zjištění postupu pokusu a očekávaného výsledku pokusu, seznámení žáků s podstatou experimentu, seznámení žáku s bezpečností práce, ap.
- realizace – samotné provedení pokusu dle postupu, se kterým se učitel/žáci seznámili v přípravné fázi, dále je pozorován výsledek pokusu
- hodnocení – učitel/žák popíše, co se v rámci experimentu stalo a také jej zhodnotí, např. jestli byl výsledek pokusu v souladu s tím očekávaným, ap.

1.4 Proč chemický pokus?

Cílem výuky je předat informace žákovi tak, aby je pochopil a zapamatoval si je. Chemie jako přírodní věda může být předmětem silně teoretickým, o poučkách a pravidlech. Pro některé žáky je tak předmětem obtížným a neoblíbeným. [7]

Bylo dokázáno, že některé metody učení jsou efektivnější než jiné; [6] chemické pokusy zpravidla zapojují víc smyslů než běžný výklad, zároveň vedou k tzv. aktivizaci žáka, tzn. že žák není pouze pasivním příjemcem informací, ale sám se do procesu výuky aktivně zapojuje. [8] Žák v rámci provádění chemického pokusu může zároveň rozvíjet obecné dovednosti jako je abstraktní myšlení, analýza a zpracování informací, samostatnost a kreativita. [9] [8]

Látku takto předvedenou nebo pokusem podpořenou si žák zapamatuje spíš než prostý text nebo výklad. [6] Při demonstračním pokusu žák na vlastní oči vidí, že vyučované pravidlo platí a nemusí se jen spoléhat na učitelův přednes. V tomto je pak ještě lepší pokus žákovský, který dovolí žákovi se vlastním tempem seznámit s každým krokem pokusu do té míry, do které potřebuje, a při jeho provedení si pokus vyzkoušet sám, zároveň se při něm

žák prakticky naučí bezpečnost práce v chemické laboratoři a pravidla manipulace s chemickými látkami, což je součástí RVP.

Kapitola 2

Praktická část

2.1 Metodika

Z dostupných zdrojů byla nejdříve zjištěna podstata pokusu a postup jeho provedení. Pokus byl proveden, přičemž byl zdokumentován (fotoaparátem či kamerou) každý krok za účelem možného doplnění nebo opravení nedostatků v původním zdroji. V případě potřeby byl pokus zopakován. Zároveň byly poznamenány všechny bezpečnostní požadavky, které vyžadovalo provedení pokusů.

Fotky a videa byly následně zpracovány dle potřeby do shrnujícího do provodného videa, nebo jen do souboru doprovodných fotografií. Spolu s doplněným popisem a postupem pokusu bylo vše nahráno na stránku „Chemické pokusy“ na portálu „WikiKnihy“ (https://cs.wikibooks.org/wiki/Chemick%C3%A9_pokusy) do článku příslušného pokusu. Tato možnost byla zvolena kvůli tomu, že je na internetu, a tedy jednoduše přístupná, dále pro svou otevřenosť stejně jako u jiných „wiki projektů“ – v případě chyby nebo nepřesnosti může kdokoliv texty jednoduše bez dlouhého kontaktování správců stránky opravit nebo doplnit, jednoduše také může katalog rozšířit. WikiKnihy je projekt celosvětový, pomocí překladů do jiných jazyků se katalog může dostat k ještě většímu počtu lidí. Licencování obsahu podle Creative Commons též umožňuje používaní obsahu bez problémů s autorským právem.

2.2 Zpracované pokusy

2.2.1 Žíhání skalice

Zařazení do výuky

Tento pokus by mohl být zařazen při výuce hydrátů a jejich názvosloví nebo při výuce zkoušky plamenem jako analytické metody. Pokus může být také použit jako podklad pro příklad na výpočet reálného látkového množství nebo hmotnosti odpařené vody nebo zbylého bezvodého síranu v porovnání s jejich teoretickými hodnotami.

Bezpečnost

Při tomto pokusu se manipuluje s otevřeným ohněm.

Popis

Řada solí s krystalicky vázanou vodou, tzv. hydráty, jsou barevné (zpravidla díky přítomným aquakomplexům kationtů). Barva modré skalice je způsobena přítomností koordinačního kationtu. Při žíhání se modrá skalice zbavuje vázaných molekul vody a přechází na bílý bezvodý síran měďnatý.



Postup

1. Sestavíme žíhací aparaturu: na trojnožku umístíme triangl a pod něj plynový kahan.
2. V suché třecí misce rozetřeme asi 1,5 g pentahydruátu síranu měďnatého.
3. Zvážíme čistý a suchý žíhací kelímek a poté do něj nasypeme rozetřený pentahydruát síranu měďnatého (přesné navážky zaznamenáme).
4. Žíhací kelímek umístíme pomocí laboratorních kleští do trianglu a žíháme, dokud se zbarvení žíhané látky nezmění z modré na bílou.

5. Kelímek necháme zchladnout, zvážíme jej a z rozdílů hmotnosti před a po žíhání vypočítáme obsah krystalové vody.

Teoretická hodnota: $\frac{5 \cdot M_r(\text{H}_2\text{O})}{M_r(\text{CuSO}_4) + 5 \cdot M_r(\text{H}_2\text{O})} = 36\%$

Reálná hodnota: $\frac{m_{\text{začáteční}} - m_{\text{vyžíhané}}}{m_{\text{začáteční}}}$

6. Bezdodý síran měďnatý můžeme pozorovat vlivem vzdušné vlhkosti měnit zabarvení zpátky na modrou.



Obrázek 2.1: Skalice se ztrátou vody ztrácí i barvu

2.2.2 Zlatý déšť

Zařazení do výuky

Tento pokus by mohl být zařazen při výuce srážení jako separační metody nebo podvojné záměny jako typu chemické reakce. Hodnota pokusu je pak především v jeho visuální přitažlivosti pro žáka.

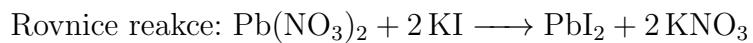
Bezpečnost

Dusičnan olovnatý obsahuje olovo a je poměrně dobře rozpustný ve vodě, je tedy třeba dbát zvýšené opatrnosti při jeho manipulaci.

Popis

Dusičnan olovnatý a jodid draselný v roztoku zreagují na jodid olovnatý. Při snížení teploty se snižuje jeho rozpustnost a z roztoku se vysráží zlaté

krystalky jodidu olovnatého tvořící zlatý déšť.



Postup

1. V kádince rozpustíme asi 0,3 g dusičnanu olovnatého ve 100 ml vody.
2. Ve druhé kádince rozpustíme asi 0,3 g jodidu draselného ve 100 ml vody.
3. Oba roztoky zahřejeme blízko k varu. Zahřívání potrvá pár minut.
4. Horké roztoky slijeme do baňky a necháme volně chladnout, nebo chladíme pod proudem studené vody nebo vložením několika kostek ledu.
5. Při chladnutí pozorujeme vznik žlutých krystalků různých velikostí podle rychlosti chlazení.



Obrázek 2.2: Vysrážený zlatý déšť

2.2.3 Chromatografie na papíře

Zařazení do výuky

Tento pokus by mohl být zařazen při výuce chromatografie. Chromatografie je separační metoda, a to z těch běžně vyučovaných asi ta nejneintuitivnější. Pokus názorně vysvětluje její princip, má malé časové i materiální nároky a může být proveden každým žákem samostatně.

Bezpečnost

Žádné zvláštní bezpečnostní požadavky.

Popis

Chromatografie je souhrnné označení pro skupinu separačních technik spočívajících v rozdělování látek mezi dvě nemísitelné fáze - nepohyblivou (stacionární) a pohyblivou (mobilní). Spolu s pohybující se mobilní fází je soustavou unášen také vzorek. Dělené složky vzorku (analyty) interagují v různé míře se stacionární a mobilní fází. Analyty, které se poutají více ke stacionární fázi, se pohybují pomaleji a jsou zadržovány déle než analyty, které se ke stacionární fázi poutají méně. Na základě tohoto principu dochází k rozdělení složek směsi.

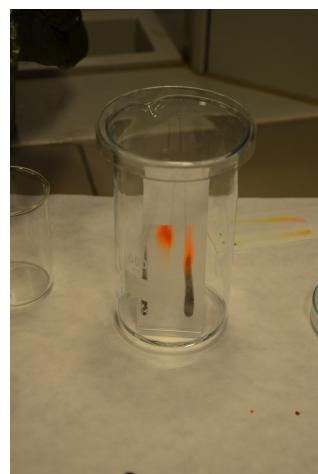
V tomto experimentu je provedena chromatografie v plošném uspořádání. Jako stacionární fáze je použit filtrační papír, jako mobilní fáze voda nebo ethanol.

Postup

1. Do kádinky nalijeme vrstvu asi 5 mm mobilní fáze (volíme podle typu fixů či obecně látek, které chceme dělit, např. voda, ethanol) a přikryjeme hodinovým sklem.
2. Vystřihneme obdélník z filtračního papíru (velký tak, aby se vešel do kádinky) a tužkou označíme asi 1-2 cm od dolního okraje startovací

čáru, na kterou uděláme puntíky fixami asi 1 cm od sebe (nebo naneseme vzorky kapilárou či kapátkem).

3. Vložíme papír s nanesenými vzorky do kádinky tak, aby se nedotýkal stěn a aby puntíky byly nad hladinou. Abychom zamezili kontaktu, můžeme horní okraj papíru navléct na špejli nebo drátek (případně papír můžeme přehnout do tvaru obráceného „V“ a nanést vzorky na obě strany). Po vložení papíru opět přikryjeme kádinku hodinovým sklem.
4. Necháme mobilní fázi vzlínat až do vzdálenosti 1 cm pod okraj papíru. Poté papír vyjmeme, označíme tužkou čelo mobilní fáze (= místo, kam vystoupala), papír usušíme a vyhodnotíme rozdělení barviv. Kvůli rozdílné míře zadržení vzorku papírem vidíme, že skvrny doputují do jiných vzdáleností.
5. V případě zájmu můžeme vypočítat retenční faktor R_f pro každou látku. K tomu potřebujeme určit vzdálenost, kterou urazila látka (střed skvrny) od startovní linie (a), a vzdálenost, kterou urazila mobilní fáze (b). R_f získáme jako podíl (a)/(b).



Obrázek 2.3: Chromatografie dvou barev fixu

Závěr

Věřím, že jsem vysvětlil, že výuka chemie prostřednictvím chemických pokusů představuje nejenom efektivní metodu, jak přiblížit abstraktní teorie konkrétním jevům, ale také prostředek k rozvoji klíčových dovedností u studentů.

V první části jsem podal shrnutou časovou osu výuky chemie u nás od 19. století až po současnost, včetně jejích rozličných změn po druhé světové válce. Dále jsem vymezil, co je to chemický pokus, jak probíhá, a jak se pokusy dají klasifikovat. Nakonec jsem rozebral důležitost a hodnotu ve využívání chemických pokusů při výuce chemie.

V druhé části jsem přispěl ke tvorbě internetového katalogu chemických pokusů, který by obsahoval pokusy přímo připravené k použití učitelem chemie. V laboratoři jsem provedl pokusy „Žíhání skalice“, „Zlatý déšť“ a „Chromatografie na papíře“, jejich provádění pečlivě zdokumentoval, toto následně shrnul do popisného odstavce a návodu k provedení.

Katalog chemických pokusů, na kterém jsem se podílel, představuje zdroj inspirace pro pedagogy a studenty. Obsahuje řadu experimentů, které lze přizpůsobit různým úrovním studia a zájmům studentů. Doufám, že tento katalog přispěje k obohacení výuky chemie a poskytne pedagogům užitečný nástroj pro interaktivní a efektivní vzdělávání.

Nicméně je důležité si uvědomit, že úspěšná výuka chemie není pouze o provádění chemických experimentů, ale také o podpoře diskuzí, porozumění konceptům a podněcování zvídavosti studentů. Chemické pokusy by měly být vnímány jako součást širšího pedagogického přístupu, který klade důraz na aktivní zapojení studentů a podporuje jejich zájem o chemii jako obor.

Literatura

1. KROUPOVÁ B., VYBÍRAL B. *Přírodozpyt jako vyučovací předmět mezi lety 1869 a 1939* [online]. [cit. 2023-12-19]. Dostupné z: https://mfi.upol.cz/files/23/2303/mfi_2303_187_200.pdf.
2. ČTRNÁCTOVÁ H., BANÝR J. *Historie a současnost výuky chemie u nás* [online]. [cit. 2023-12-19]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1997_01_59-66.pdf.
3. VĚŽENSKÝ, J. *Experimentální činnost ve výuce chemie v České republice a v zahraničí* [online]. [cit. 2023-12-19]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/nszt18/44699827>.
4. Rámcový vzdělávací program pro gymnázia [online]. [cit. 2023-12-19]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-pro-gymnazia-rvp-g/>.
5. Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání [online]. [cit. 2023-12-19]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcovy-vzdelavacici-program-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/>.
6. DOSTÁL, J. *Experiment jako součást badatelsky orientované výuky* [online]. [cit. 2023-12-19]. Dostupné z: <https://tvv-journal.upol.cz/pdfs/tvv/2013/01/02.pdf>.
7. HÖFER G., SVOBODA E. *Některé výsledky celostátního výzkumu „Vztah žáků ZŠ a SŠ k výuce obecně a zvláště pak k výuce fyziky“* [online]. [cit.

- 2023-12-19]. Dostupné z: https://www.kof.zcu.cz/ak/trendy/2/sbornik/svoboda_e/srni.doc.
8. MAŇÁK, J. *Aktivizující výukové metody* [online]. [cit. 2024-03-13]. Dostupné z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/k/z/14483/AKTIVIZUJICI-VYUKOVE-METODY.html>.
 9. SOLÁROVÁ, M. *Jednoduché bezpečné domácí pokusy* [online]. [cit. 2024-03-12]. Dostupné z: <https://kch.osu.cz/wp-content/uploads/2021/02/Jednoduche-bezpecne-domaci-pokusy.pdf>.

Seznam obrázků

2.1	Skalice se ztrátou vody ztrácí i barvu	15
2.2	Vysrážený zlatý déšť	16
2.3	Chromatografie dvou barev fixu	18