

CHEMICKÉ REAKCE JAKO KRITICKÉ MÍSTO UČIVA CHEMIE NA ZÁKLADNÍ ŠKOLE

Chemical Reactions as Critical Point in Chemistry Curriculum in Lower Secondary School

KAREL KOLÁŘ^{a, b}, MARTIN BÍLEK^{a, b}, JIŘÍ RYCHTERA^c, VERONIKA MACHKOVÁ^b,
KATEŘINA CHROUSTOVÁ^{a, c}

^aUniverzita Karlova, Pedagogická fakulta, Praha, ^bUniverzita Hradec Králové,
Přírodovědecká fakulta, Hradec Králové, ^cZápadočeská univerzita, Pedagogická
fakulta, Plzeň

Abstract

The thematic unit Chemical Reactions was identified as a critical point and also as a key point in the chemistry curriculum in lower secondary school, based on interviews with teachers of chemistry under an OP RDE research project called "Didactics: Man and Nature A". The lowest average success of pupils in this topic in the Czech Republic and abroad is also evident from the results of the TIMSS 2007. Therefore, in this paper, we have dealt with the circumstances of this situation and its possible improvement, in a broader context. We present a study of legislative documents (the Framework Education Program for Basic Education, etc.), as well as the thematic unit in Czech chemistry textbooks for lower secondary schools, and follow with proposals for an array of experiments, experimental cycles, etc., focused on the reactivity of chemicals. The array of experiments are experimental cycles relating to copper and its compounds, which are characterized by significant color changes or changes in the state of matter of the compounds of the reaction mixture. This can be instrumental in the more precise classification of chemical reactions according to selected criteria by learners and their better understanding of chemical reactions through analyzing the course of these experiments, supplemented by simple tests for determining reaction products.

Klíčová slova

Chemické reakce, kritické místo učiva chemie, základní škola

Keywords

Chemical reactions, critical points in chemistry curriculum, lower secondary school

ÚVOD

Jednou z významných oblastí problematiky zaměřené na výchovu a vzdělávání je přírodovědná gramotnost, jejíž vývoj je dlouhodobě sledován. V roce 2015 se opět po devíti letech přírodovědná gramotnost stala objektem zkoumání PISA (Blažek & Příhodová, 2016). Jaké byly výsledky žáků z České republiky v testu přírodovědné gramotnosti? Výsledek byl v testu přírodovědné gramotnosti srovnatelný s průměrem zemí OECD, ale Česká republika se zařadila do skupiny sedmi zemí OECD, jejichž nadprůměrný výsledek z roku 2006 se za devět let statisticky významně zhoršil. Podíl českých patnáctiletých žáků s nedostatečnou úrovní přírodovědné gramotnosti se zvětšil a zároveň se snížil podíl českých žáků v nejvyšších gramotnostních úrovních.

Vzhledem k těmto okolnostem jsme se zabývali problematikou výuky chemie na základní škole v souvislosti s tzv. kritickými místy kurikula. Orientovali jsme se na kritická místa kurikula (a zároveň klíčová místa kurikula) se záměrem jejich využití k inovacím výuky chemie na základní škole. Problematika kritických míst v této souvislosti je zkoumána i v dalších přírodních vědách a zejména v matematice (Vondrová, Rendl et al., 2015).

Kritická místa počáteční výuky chemie z pohledu učitelů

Kritická místa chemického kurikula základní školy byla vybrána na základě obsahové analýzy prepisů polostrukturovaných rozhovorů se 40 učiteli chemie z 35 základních škol a jednoho víceletého gymnázia (Rychtera a kol., 2018). Stěžejním cílem těchto rozhovorů bylo vytipování kritických a klíčových míst kurikula z pohledu respondenta – učitele chemie. Rozhovory byly uskutečněny na základě předpokladu, že učitel – respondent bude vycházet především

ze zkušeností, které získal při práci se žáky. Jedná se tedy o hodnocení stávající situace především z hlediska psychodidaktického. Pohled učitele na žákovy problémy se zvládnutím učiva je zdůrazňován proto, že příprava žáka je cílem vzdělávacího procesu. Pokud bychom se v rámci výzkumu zaměřili pouze na vlastní sebehodnotící názor učitele, pak bychom degradovali jeho odbornou úroveň a připouštěli jeho neschopnost vyrovnat se s prezentací učiva (jež by mohl uvádět jako kritické), které má následně zvládnout žák odpovídající věkové kategorie.

Pod pojmem kritické místo kurikula rozumíme takové učivo, kde žáci často selhávají, respektive nezvládají je v takové míře, aby se jejich tvořivé využívání produktivně vyvíjelo (Vondrová, Rendl et al., 2015). Klíčová místa kurikula lze považovat z hlediska struktury paradigmatu daného oboru za základní, tj. taková, která by v obsahu učiva neměla chybět.

Souběžně s volbou kritických míst v rámci rozhovorů byla určována i klíčová témata, bez kterých by výuka chemie nebyla v souladu se zásadou odbornosti a ztrácela by charakter exaktní přírodní vědy. Vymezení klíčových témat se jeví jako vedlejší produkt uskutečněných rozhovorů, je však nezbytné konstatovat, že bez tohoto kroku by mohlo dojít k závažnému pochybení v procesu nakládání s vymezenými kritickými místy. Je-li kritické učivo považováno současně za klíčové, pak je nutné hledat takové cesty k myšlenkové transformaci učiva, které povedou ke zvýšení efektivity vyučovacího procesu, a současně je naznačováno, že učivo není možné z kurikulárních dokumentů bez závažných důvodů vyřadit. Výsledky rozhovorů s pedagogy mohou být inspirací pro učitele z praxe a další odborníky, kteří se zabývají didaktickou transformací učiva.

Učivo, které bylo v rámci rozhovorů označeno pedagogy jako kritické, zahrnuje prakticky nejdůležitější komponenty učiva chemie na základní škole. Svým charakterem odpovídá učivu se značnou mírou abstrakce. V této souvislosti je třeba připomenout závěry teorie kognitivního vývoje podle Piageta. Z nich vyplývá, že žák příslušné věkové kategorie, které se učivo týká, se nachází z hlediska kognitivního v období přechodu ze stádia konkrétních operací do stádia operací formálních. Ve stádiu formálních operací, které představuje předpoklad logicky uvažovat o abstraktních pojmech, se nachází jen část žáků této věkové kategorie (8. ročník ZŠ), proto je učivo se značnou mírou abstrakce pro tyto žáky příliš obtížné. Mezi kritické učivo tak nebylo zařazeno učivo popisné povahy, ale učivo abstraktní povahy. V učivu popisného charakteru se pak žáci lépe orientují mimo jiné proto, že mohou využívat poznatků, získaných na 1. stupni ZŠ v rámci vzdělávací oblasti „Člověk a jeho svět“. Toto propojení, související se spirálovým efektem studia v rámci RVP ukazuje, že základy chemického učiva by měly být budovány mimo jiné prostřednictvím učiva popisného charakteru dříve než v 8. ročníku ZŠ, např. formou předmětu, zaměřeného na propedeutiku výuky přírodních věd (chemie), která by byla orientována na učivo převážně popisného či jevového charakteru (chemické látky, jejich vzhled, skupenství aj.), na které by bylo možné ve vyšších ročnících navázat. S tím souvisí využívání poznatků z jiných přírodovědných předmětů. Výsledky analýzy rozhovorů s učiteli vyústily v některá doporučení, jež by mohla ovlivnit úroveň a kvalitu vzdělávání:

- změnit obsah učiva chemie ve smyslu snížení míry abstrakce s možností významné experimentální podpory,
- vytvořit větší prostor pro fixaci prezentovaného učiva formou opakování a procvičování,
- zvážit zařazení přírodovědné (chemické) propedeutiky zaměřené např. na vnější popis chemických látek a jejich vlastností do nižších

ročníků základní školy (šestého nebo sedmého ročníku).

Z analýzy polostrukturovaných rozhovorů bylo vytipováno 8 okruhů tzv. kritického učiva:

- stavba atomu,
- oxidační číslo,
- názvosloví kyselin,
- názvosloví solí,
- chemické reakce,
- chemické rovnice, jejich zápis a vyčíslování,
- výpočty z chemických rovnic,
- výpočty složení roztoků.

Chemické reakce jako kritické místo učiva chemie

V tomto sdělení jsme se zaměřili na okruh Chemické reakce, který byl na základě rozhovorů s učiteli zařazen mezi klíčová a zároveň kritická místa učiva chemie na základní škole. Kritické místo Chemické reakce učitelé vnímají komplexně, jako záležitost chemického děje, zápisu chemických rovnic i s tím souvisejícího chemického názvosloví. Učitelé též upozorňují na problém, který souvisí s jazykovou a přírodovědnou gramotností. Žáci často s obtížemi převádějí slovy popsaný chemický děj do podoby chemické rovnice, pokud není v zadání jasně vymezeno, co jsou výchozí látky a co jsou produkty reakce. Z analýzy rozhovorů lze usuzovat na nedostatečnou úroveň formálních myšlenkových operací, související s věkem žáků. Nabízí se otázka, zda je pro tak obtížné učivo ve výuce dostatek prostoru z hlediska časového a zda jsou tak využity všechny možnosti pro jeho dostatečnou konkretizaci a fixaci. Učivo označilo 19,0 % respondentů za kritické, zároveň 27,5 % respondentů jej považuje za klíčové. S odvoláním na výše uvedené obecné závěry našeho šetření se první z nich stal inspirací pro hledání cesty k určitým změnám, pokud jde o řešení našeho problému. Jednalo se o zvýšení podílu experimentálních činností ve výuce chemie, využívání

souboru experimentů, často různými způsoby vzájemně provázaných, obohacených řadou sond, které na adekvátní úrovni umožňují snáze postihnout poznávání přeměny látek, ke které dochází při chemické reakci. Dílčí upřesnění a zprůhlednění klasifikace chemických reakcí podle různých kritérií pak představuje naši reakci na druhý z obecných závěrů. Na základě uvedených závěrů jsme přistoupili k řešení dané situace. První krok představovalo studium dokumentů, konkrétně Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání (MŠMT, 2017). Dokument k tomuto okruhu uvádí následující očekávané výstupy: „**žák**

- rozliší výchozí látky a produkty chemických reakcí, uvede příklady prakticky důležitých chemických reakcí, provede jejich klasifikaci a zhodnotí jejich využívání,
- přečte chemické rovnice a s užitím zákona zachování hmotnosti vypočítá hmotnost výchozí látky nebo produktu,
- aplikuje poznatky o faktorech ovlivňujících průběh chemických reakcí v praxi a při předcházení jejich nebezpečnému průběhu“ (MŠMT, 2017,

s. 69) a minimální doporučenou úroveň pro úpravy očekávaných výstupů v rámci podpůrných opatření vymezuje u žáka takto: „**žák pojmenuje výchozí látky a produkty nejjednodušších chemických reakcí**“ (MŠMT, 2017, s. 69).

Pokud se zaměříme na uvedené učivo v RVP ZV u okruhu chemické reakce, nalezneme následující tematické okruhy:

- „chemické reakce – zákon zachování hmotnosti, chemické rovnice, látkové množství, molární hmotnost,
- klasifikace chemických reakcí – slučování, neutralizace, reakce exotermní a endotermní,
- faktory ovlivňující rychlost chemických reakcí – teplota, plošný obsah povrchu výchozích látek, katalýza,
- chemie a elektřina – výroba elektrického proudu chemickou cestou“ (MŠMT, 2017, 2016, s. 69–70).

V této souvislosti jsme provedli průzkum učebnic chemie pro základní školy (převážně s platnou doložkou MŠMT, viz Tab. 1).

Tab. 1 Přehled učebnic chemie pro základní školy (a nižší ročníky víceletých gymnázií)

Autoři	Rok vydání	Název učebnice	Nakladatelství
Beneš, P., Pumpr, V. & Banýr, J.	1993	Základy chemie 1: pro 2. stupeň základní školy, nižší ročníky víceletých gymnázií a středních škol	Praha: Fortuna
Beneš, P., Pumpr, V. & Banýr, J.	1995	Základy chemie 2: pro 2. stupeň základní školy, nižší ročníky víceletých gymnázií a středních škol	Praha: Fortuna
Škoda, J. & Doulík, P.	2006	Chemie 8: pro základní školy a víceletá gymnázia	Plzeň: Nakladatelství Fraus
Škoda, J. & Doulík, P.	2007	Chemie 9: pro základní školy a víceletá gymnázia	Plzeň: Nakladatelství Fraus
Mach, J., Plucková, I. & Šibor, J.	2014	Chemie 8 – Úvod do obecné a anorganické chemie	Brno: Nová škola
Šibor, J., Plucková, I. & Mach, J.	2013	Chemie 9 – Úvod do obecné a organické chemie, biochemie a dalších chemických oborů	Brno: Nová škola

Karger, I., Pečová, D. & Peč, P.	2005	Chemie I: pro 8. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií	Olomouc: Prodos
Pečová, P., Karger, I. & Peč, P.	2007	Chemie II: pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií	Olomouc: Prodos
Bílek, M. & Rychtera, J.	1999	Chemie krok za krokem	Praha: Moby Dick
Bílek, M. & Rychtera, J.	2000	Chemie na každém kroku	Praha: Moby Dick

Jednotlivé učebnice obsahují kapitolu, věnovanou chemickým reakcím, obsah kapitoly je zpracován v souladu s dokumenty. Do této kapitoly je zařazena **definice chemické reakce**, kterou autoři učebnic formulují následovně:

1. „Chemické reakce jsou děje, při nichž zanikají původní chemické vazby a vznikají nové chemické vazby. Chemické látky, které do reakce vstupují, se nazývají reaktanty, chemické látky, které při reakci vznikají, se nazývají produkty. Hmotnost reaktantů je vždy stejná jako hmotnost produktů. Chemickou reakci zapisujeme chemickou rovnicí.“ (Škoda & Doulík, 2006, s. 29)
2. „Chemická reakce je děj, při kterém z výchozích chemických látek vznikají jiné chemické látky. Výchozí chemické látky označujeme jako reaktanty. Vzniklé chemické látky nazýváme produkty. Při chemických reakcích zanikají původní chemické vazby mezi atomy reaktantů a vznikají nové chemické vazby mezi atomy produktů. (Mach et al., 2014, s. 38)
Počet atomů reaktantů (reagujících látek) je stejný jako počet atomů produktů (vznikajících látek). (Mach et al., 2014, s. 39)
Pro zápis chemické reakce používají chemici chemické rovnice.“ (Mach et al., 2014, s. 40)
3. „Děje, při nichž vznikají nové chemické látky, budeme nazývat chemické reakce. Při chemických reakcích zanikají původní vazby mezi atomy v molekulách původních látek a vznikají nové chemické vazby mezi atomy v molekulách

nových látek. V každé chemické reakci rozlišujeme látky, které spolu reagují – reaktanty a látky, které vznikají – produkty.“ (Bílek & Rychtera, 1999, s. 169)

Kapitola dále obsahuje **klasifikaci chemických reakcí**, která v podstatě koresponduje s kurikulárními dokumenty:

1. „Reakce, při nichž se uvolňuje teplo, nazýváme exotermické reakce (z řeckých slov *exo*, tj. směr ven a *thermos*, tj. teplý). ... Reakce, při kterých se teplo spotřebovává, nazýváme endotermické reakce (z řeckých slov *endo*, tj. směr dovnitř a *thermos*, tj. teplý).“ (Beneš et al., 1993, s. 76)
2. „Skladné reakce, rozkladné reakce, vytěšňovací reakce, podvojná záměna.“ (Škoda & Doulík, 2007)
3. „Rozdělení chemických reakcí: a) Slučování (syntéza). Slučování je chemická reakce, při které z jednodušších látek vznikají látky složitější ($Zn + S \rightarrow ZnS$). b) Rozklad (analýza). Rozklad je chemická reakce, při které ze složitějších látek vznikají dvě nebo více látek jednodušších ($HgI_2 \rightarrow Hg + I_2$). Chemické nahrazování – substituce. Při této reakci je jeden prvek ve sloučenině nahrazen druhým ($Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$).“ (Mach et al., 2014, s. 41)
4. „Při reakci mědi s kyslíkem vznikl ze dvou reaktantů jeden produkt – oxid měďnatý. Reakce tohoto typu se nazývají chemické slučo-

vání. Jinou chemickou reakcí může být příprava vodíku a kyslíku z vody v aparatuře... kdy se voda rozkládá elektrickým proudem, tzv. elektrolýza vody. ... Takové reakce se nazývají chemický rozklad.“ (Bílek & Rychtera, 1999, s. 170)

Reakce, při kterých se teplo uvolňuje, nazýváme exotermické (z řečtiny *exo* znamená směr ven a *thermos* znamená teplý). Reakce, při které se teplo spotřebovává, nazýváme podle tohoto znaku reakce endotermické (z řečtiny *endo* znamená směr dovnitř a *thermos* teplý).“ (Bílek & Rychtera, 1999, s. 176–177).

V kapitole jsou též uvedeny **faktory ovlivňující rychlost chemických reakcí**, zde autoři opět respektují obsah příslušných dokumentů:

1. „Průběh chemických reakcí ovlivňuje především druh látek. ... Na průběh reakce má vliv, zda reagující látky jsou koncentrované nebo zředěné. ... Na průběh reakce má vliv teplota výchozích látek. ... Na průběh reakce má vliv velikost plošného obsahu povrchu pevných reagujících látek. ... Látky, které ovlivňují rychlost chemické reakce, ale po jejím ukončení zůstávají nezměněny, jsou katalyzátory.“ (Beněš et al., 1993, s. 74–75)
2. „Rychlost chemické reakce lze zvýšit: 1) zvýšením koncentrace reaktantů, 2) zvýšením teploty reakční směsi, 3) zvýšením plošného obsahu povrchu reaktantů, 4) přítomností katalyzátorů. V některých případech ovlivňují rychlost chemických reakcí i promíchávání reakční směsi a změna tlaku.“ (Škoda & Doulík, 2007, s. 59)
3. „Rychlost chemických reakcí závisí na druhu reaktantů. ... Rychlost chemických reakcí závisí na koncentraci reaktantů. ... Rychlost chemických reakcí ovlivňuje teplota reaktantů. ... Rychlost chemických reakcí závisí na velikosti povrchu pevných reaktantů. ... Rychlost

chemických reakcí ovlivňují také látky, které zůstávají po reakci nezměněny – nazývají se katalyzátory.“ (Bílek & Rychtera, 1999, s. 180–181)

V bodu učiva „**chemické reakce**“ RVP ZV zmiňuje také chemické rovnice, jejich vyčíslování, látkové množství, molární hmotnost apod., které jsou zpravidla součástí jiných, často samostatných kapitol. Stejně tak acido-bazické reakce a oxidačně-redukční reakce, které by se také daly zařadit do kategorií chemických reakcí, bývají uvedeny jako součást jiné samostatné kapitoly. Do kapitoly o oxidačně-redukčních reakcích je pak také zařazeno učivo „**chemie a elektřina**“.

Ukázky z textu učebnic jsou dokladem toho, že autoři učebnic navrhují obsah splňující požadavky Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání, pokud jde o obsah tematického celku Chemické reakce, **a zároveň tento tvůrčím způsobem rozvíjejí. Jak efektivněji zpřístupnit učivo o chemických reakcích zůstává nadále otevřeným problémem, k jehož řešení je třeba přistupovat uvážlivě.**

Jednou z možných cest je zpřesnění kritérií klasifikace chemických reakcí. Z dostupných informačních zdrojů, nejčastěji různých manuálů, které byly operativně zpracovány pro bezprostřední aplikace ve výuce, lze získat určitý vhled do problematiky, který spíše ukazuje na nejednotnost přístupu ke klasifikaci (rozdílné soubory kritérií, jejich vzájemný prostup atd.). Následně je uveden soubor kritérií klasifikace, který je často prezentován i dále modifikován a objevuje se též v různých podobách v učebnicích pro základní, střední, ale i vysoké školy (např. Gažo et al., 1981; Mička & Lukeš, 2016). Reakce jsou rozděleny podle následujících kritérií:

1. Podle vnějších změn

- reakce skladné (syntéza, chemické slučování):
 $\text{Fe} + \text{S} \rightarrow \text{FeS}$
- reakce rozkladné (analýza, chemický rozklad):
 $2 \text{HgO} \rightarrow 2 \text{Hg} + \text{O}_2$
- chemické nahrazování (substituce):
 $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$
- podvojná záměna (konverze):
 $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$

2. Podle skupenství

- reakce homogenní: $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{HCl}$
- reakce heterogenní: $\text{Zn} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$

3. Podle tepelného zbarvení

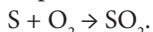
- reakce exotermické: $2 \text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{MgO}$
- reakce endotermické: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

4. Podle typu přenášených částic

- reakce acidobazické:
 $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
- reakce oxidačně-redukční: $4 \text{HCl} + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{MnCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- reakce komplexotvorné:
 $\text{CuSO}_4 + 4 \text{NH}_3 \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$

Jednotlivé reakce lze potom klasifikovat podle více kritérií:

Například reakce síry s kyslíkem (hoření síry):



1. Reakce skladná (chemické slučování).
2. Reakce heterogenní – síra je pevná látka, kyslík a oxid siřičitý jsou plynné látky.
3. Reakce exotermická – při reakci se uvolňuje teplo.
4. Reakce oxidačně-redukční – změní se oxidační stavy síry a kyslíku.

Jiná kritéria klasifikace představuje např. počet molekul, účastníků se reakce (reakce monomolekulární, bimolekulární, trimolekulární), nebo typ

částic, účastníků se reakce (reakce iontové, radikálové, molekulové). V organické chemii se obvykle klasifikují reakce podle typu štěpení vazby (homolytické nebo heterolytické štěpení), podle typu interagujících částic (elektrofilní, nukleofilní a radikálové reakce) a podle strukturních změn reaktantů (adice, eliminace, substituce, přesmyk). Jedná se však často o kritéria, která nelze jednoduše uplatnit ve výuce chemie na základní škole. Co však lze snadno sledovat jsou např.:

1. změny barvy,
2. změny čichových vjemů,
3. změny skupenství, ke kterým dochází během reakce.

Z těchto změn lze získat řadu poznatků o průběhu chemické reakce a její podstatě. Z toho je zřejmé, že reakce je vhodné prezentovat žákům a studentům formou jednoduchých pokusů (např. Isley, 2018) a následně provést porovnání výsledků jednotlivých přístupů, vycházejících z teorie nebo experimentu. Je možné uplatnit různé metodické postupy: zejména postup induktivně-deduktivní, ale i deduktivně-induktivní.

Tyto přístupy je možné demonstrovat na řadě konkrétních příkladů. Jedním z návrhů mohou být reakce sloučenin mědi, prezentované souborem jednoduchých experimentů v následujících krocích:

1. Do zkumavky nalijeme cca 5 cm³ zředěné kyseliny chlorovodíkové.
2. Ke kyselině chlorovodíkové přidáme na špičku lžičky hydroxid měďnatý (modrý prášek, nerozpustný ve vodě).
3. Po zreagování veškerého hydroxidu měďnatého je ve zkumavce pouze roztok modrozelené barvy.
4. Do zkumavky vsuneme platinový drátek a ponoříme jej do roztoku.
5. Platinový drátek se vzorkem přiblížíme k ne-

svítivému plameni kahanu, ve styku s plamenem vzorek barví plamen modrozeleně.

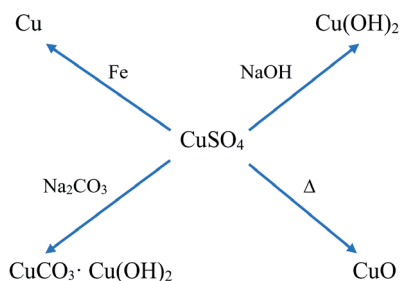
- Obsah zkumavky vlijeme do porcelánové misky a na vodní lázni odpaříme k suchu, odparek je modrozelená krystalická látka.
- Malé množství odparek rozpustíme ve zkumavce v cca 3 cm³ destilované vody a k roztoku přidáme několik kapek 3% vodného roztoku dusičnanu stříbrného, objeví se bílá sraženina.
- Malé množství odparek rozpustíme ve zkumavce v cca 3 cm³ destilované vody a k roztoku přidáme několik kapek 3% roztoku hexakyanoželeznatanu draselného (žlutá krevní sůl), objeví se hnědá sraženina.
- Vyhodnotíme průběh experimentů a navrhne průběh reakce. K tomu můžeme využít testů, které byly průběžně prováděny během hlavního experimentu.

Dalším příkladem může být situace, kdy máme k dispozici vstupní informace – výchozími látkami jsou uhličitán měďnatý a kyselina chlorovodíková, a výsledky experimentu, včetně doplňujících testů (ty slouží pouze k důkazu přítomnosti určitých částic ve výchozích látkách nebo produktech). Společně se žáky se pokusíme popsat průběh chemické reakce, navrhnout chemickou rovnici reakce a následně reakci zařadit do jednotlivých kategorií podle příslušných kritérií.

Další cestu představuje vytváření souborů reakcí vycházejících z jedné výchozí látky k mnoha produktům, souborů reakcí vycházejících z mnoha výchozích látek k jednomu produktu, případně souboru reakcí vzájemně na sebe navazujících v tzv. experimentálních cyklech.

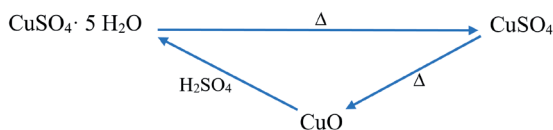
Pro bližší poznání reaktivity sloučenin mědi jsou tyto systémy experimentů velmi vhodné. Jako příklad uvádíme soubor pokusů, vycházejících

z jedné sloučeniny, které vedou k různým produktům (viz obr. 1).

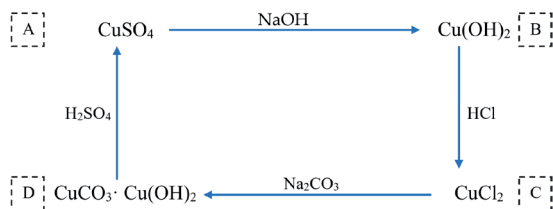


Obr. 1 Reakce sloučenin mědi – soubor experimentů vycházející z jedné sloučeniny

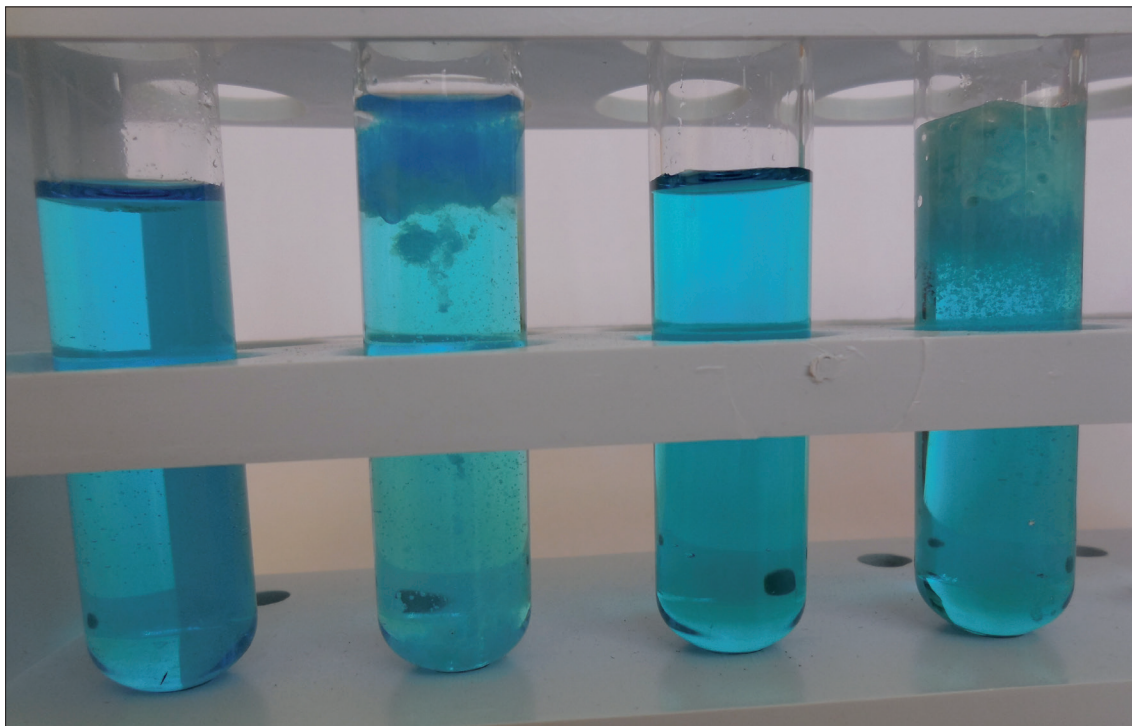
Ještě těsnější propojení jednotlivých reakcí pak představují experimentální cykly, z nichž cyklus mědi patří k nejvýznamnějším (viz obr. 2, obr. 3 a obr. 4). Výhodou tohoto cyklu (copper cycle) jsou četné barevné změny, ke kterým dochází při reakcích, a časté změny skupenství (Todd & Hobey, 1985; GCC, 2016). Navrhovány jsou také experimenty, tvořené dvěma vzájemně propojenými cykly (Walker et al., 2012).



Obr. 2 Reakce sloučenin mědi – experimentální cyklus I



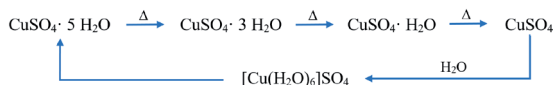
Obr. 3 Reakce sloučenin mědi – experimentální cyklus II



Obr. 4 Reakce sloučenin mědi – experimentální cyklus II – zleva A, B, C, D

ZÁVĚR

Sloučeniny mědi jsou vhodné i pro experimenty, zaměřené na přítomnost krystalové vody v solích (viz obr. 5). Postupným zahříváním pentahydrátu síranu měďnatého se zmenšuje počet molekul vody, což se promítá ve změnách zbarvení – od modré po bílou. Přidáním vody k bezvodému síranu měďnatému můžeme pozorovat opačný proces atd.



Obr. 5 Reakce síranu měďnatého a krystalové vody – experimentální cyklus III

Vhodně volené systémy výukových experimentů mohou pozitivně přispívat ke schopnosti žáků a studentů zařadit chemickou reakci do určité kategorie. Experimentální cykly vzhledem k návaznosti jednotlivých kroků obecně vytvářejí další prostor pro bližší poznávání chemických reakcí a následně jejich klasifikaci. V konečných důsledcích mohou tyto přístupy do jisté míry přispět k volbě vhodné strategie výuky, cílené na odstraňování tzv. kritických míst učiva chemie.

Poděkování – Autoři děkují za finanční podporu projektu OP VVV CZ.02.3.68/0.0/16_011/0000665 Didaktika – Člověk a příroda A.

Literatura

- BENEŠ, P., PUMPR, V. & BANÝR, J. (1993). *Základy chemie 1: pro 2. stupeň základní školy, nižší ročníky víceletých gymnázií a středních škol*. Praha: Fortuna.
- BÍLEK, M. & RYCHTERA, J. (1999). *Chemie krok za krokem*. Praha: Moby Dick.
- BLAŽEK, R. & PŘÍHODOVÁ, J. (2016). *Mezinárodní šetření PISA 2015*. Národní zpráva, Přírodovědná gramotnost, Praha: ČŠI. Dostupné z: <http://www.csicr.cz/html/PISA2015/html5/index.html>
- GAŽO, J. et al. (1981). *Všeobecná a anorganická chemia*. Bratislava: Alfa.
- GCC (2016). The Copper Cycle. *GCC CHM 151LL*. p. 1–12. Dostupné z: goo.gl/uCWWh1
- ISLEY, M. (2018). Classifying Chemical Reactions. *Carolina.com*. Dostupné z: <https://goo.gl/tSfe45>
- MACH, J., PLUCKOVÁ, I. & ŠIBOR, J. (2014). *Chemie 8 – Úvod do obecné a anorganické chemie*. Brno: Nová škola.
- MIČKA, Z. & LUKEŠ, I. (2016). *Teoretické základy anorganické chemie*. Praha: Karolinum.
- MŠMT (2017). *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Praha: MŠMT. Dostupné z: http://www.msmt.cz/file/43792_1_1/
- RYCHTERA, J., BÍLEK, M., BÁRTOVÁ, I., CHROUSTOVÁ, K., SLOUP, R., ŠMÍDL, M., MACHKOVÁ, V., ŠTROFOVÁ, J., KOLÁŘ, K. & KESNEROVÁ ŘÁDKOVÁ, O. (2018). Která jsou klíčová, kritická a dynamická místa počáteční výuky chemie v České republice? *Arnica*. 8(1), p. 35–44. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň. ISSN 1804-8366. Dostupné z: https://www.arnica.zcu.cz/images/casopis/2018/Arnika_2018_1-5_Rychtera-Bilek-web.pdf
- ŠKODA, J. & DOULÍK, P. (2006). *Chemie 8: pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Nakladatelství Fraus.
- ŠKODA, J. & DOULÍK, P. (2007). *Chemie 9: pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Nakladatelství Fraus.
- TODD, D. & HOBEY, W. D. (1985). An Improvement in the Classical Copper Cycle Experiment. *Journal of Chemical Education*. 62(2), p. 177. <https://doi.org/10.1021/ed062p177>
- VONDROVÁ, N., RENDL, M. et al. (2015). *Kritická místa matematiky základní školy v řešení žáků*. Praha: Karolinum.
- WALKER, M. et al. (2012). *Green Chemistry Module. Types of Reactions: The Copper Cycle*. New York: New York State Pollution Prevention Institute. Dostupné z: http://hhw.uvlsrc.org/files/2613/7218/4212/NYSP2I_Green_Chem_Module_Types_of_Reactions_Copper_Cycle.