

Univerzita Karlova v Praze
Pedagogická fakulta
Katedra chemie a didaktiky chemie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Modelové chemické experimenty s hořčíkem
Model Educational Experiments with Magnesium
Simona Radinová

Vedoucí práce: PhDr. Martin Rusek, Ph.D.
Studijní program: Specializace v pedagogice
Studijní obor: B BI-CH

2019

Odevzdáním této bakalářské práce na téma Modelové chemické experimenty s hořčíkem potvrzují, že jsem ji vypracovala pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzují, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

5.7.2019, Jindřichův Hradec

Ráda bych poděkovala PhDr. Martinu Ruskovi, Ph.D., za rady a trpělivost při vedení této práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině za podporu.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem sledu chemických reakcí hořčíku. Tyto chemické reakce jsou použity pro edukační experiment zaměřený na žáky středoškolské chemie. Snahou navržených experimentů je obohatit neúplné nebo chybějící informace středoškolských učebnic. Tento fakt vyplývá z analýzy středoškolských učebnic. V práci jsou obsaženy informace o chemii hořčíku, o podstatě pozorovaných jevů, o bezpečnosti práce v laboratoři a je v ní navrženo přesně šest na sebe navazujících pokusů s hořčíkem. Tyto pokusy pak názorně představují vlastnosti hořčíku při hoření na vzduchu, čímž vyvracejí nebo naopak potvrzují předpoklady žáků středních škol. Zpětnou vazbu od žáků zajišťuje dotazníkové šetření IMI, které je popsáno blíže v samostatné kapitole. Další částí jsou připravené komentáře včetně metodiky pro vyučujícího a pracovní listy pro žáky.

KLÍČOVÁ SLOVA

hořčík, badatelská metoda, edukační experiment

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with a proposal of a sequence of chemical reactions involving magnesium. These chemical reactions are used for an educational experiment aimed on secondary school students. The proposed experiments strive to enrich incomplete or missing information in secondary school textbooks. This fact resulted from the analysis of such textbooks. In the thesis, there are information about the chemistry of magnesium, about the nature of observed phenomena, about the safety in laboratory, and there are descriptions of six experiments with magnesium to be carried out after each other. These experiments show the properties of magnesium during burning in air, and thus refute or confirm hypotheses of secondary school students. The student feedback is obtained by using the IMI questionnaire, which is described in a separate chapter. The thesis also contains comments including the methodology for the teacher and student worksheets.

KEYWORDS

magnesium, research method, educational experiment

OBSAH

Úvod	1
1. Teoretická východiska	2
1.1 Chemie hořčíku	2
1.1.1 Vlastnosti	2
1.1.2 Využití	3
1.1.3 Výskyt hořčíku	4
1.1.4 Zdroje hořčíku	5
1.1.5 Historie hořčíku	5
1.1.6 Výroba hořčíku	6
1.1.7 Hořčík v lidském těle	7
1.2 Chemické základy studovaných jevů	12
1.3 Bezpečnost práce v chemické laboratoři	13
1.3.1 Zákonné požadavky	13
1.3.2 Bezpečnost práce při pokusech	15
1.4 Chemie hořčíku ve středoškolských učebnicích chemie	16
1.5 Edukační experiment a badatelská metoda	17
1.5.1 Edukační experiment	17
1.5.2 Badatelská metoda	18
1.5.3 Videonahrávka jako prostředek výuky	20
2. Cíle práce	21
2.1 Výzkumná otázka	21
2.2 Výzkumný nástroj	21
2.3 Postup ověření efektivity navrhované aktivity	23
3. Experimentální část	23
3.1 Navržené edukační experimenty	23
3.2 Didaktické zpracování pokusů	24
3.3 Příprava experimentů	26
3.4 Metodika činnosti vyučujícího	32
3.5 Ověření experimentů ve výuce	38
4. Závěr	40
5. Použitá literatura	41
6. Seznam příloh	47

ÚVOD

V dnešní době klesá zájem o studium přírodovědných oborů, které jsou pro žáky neatraktivní, nudné a otažitě (Bílek, 2008; Bílek & Řádková, 2006; Höffer & Svoboda, 2005; Papáček, 2010; Škoda, 2001). Učitelé často kladou příliš velký důraz na teorii a zapomínají výklad obohatit o zajímavý pokus, či nutit děti ke kritickému myšlení, což by jim látku lépe přiblížilo a vytrhlo je z často nudného a náročného výkladu (Blažek & Příhodová, 2016).

Chemické reakce mohou být svým efektním průběhem a překvapivými výsledky příkladným námětem pro nový přístup k řešení problémů. Kolize mezi dosavadními znalostmi a nečekanými výsledky pokusů může vést k získání zcela nových poznatků. Postup, jak tuto možnost využít ve výuce chemie, je předmětem předkládané práce.

Jako motivační úvod pro výuku začátků chemie se doporučuje zapálení hořčičkové pásky. Vyhodnocení pokusu zůstává u proměny jedné látky v jinou, jako definice chemického děje. Motivací pro tento děj je v případě této práce neočekávaný průběh reakce, resp. rozpor mezi typickou informací uvedenou v učebnici a možnou realitou. Žáci jsou vedeni k hlubší úvaze nad probíhajícím dějem, přemýšlejí o všech možných produktech, přičemž samozřejmě zpochybňují (mnohdy až příliš) zjednodušené konstatování uvedené v učebnici – hořením hořčíku na vzduchu vzniká oxid hořečnatý. Zkoumání přítomnosti dalších, teoreticky možných produktů reakce hoření hořčíku následně nabízí řadu důkazových reakcí, tím pádem vyžaduje vyšší myšlenkové operace. Dochází tak k rozvoji přírodovědného (chemického) myšlení žáků (viz. např. Murphy, Firetto & Greene, 2017; Schmaltz, Jansen & Wenckowski 2017), coby jednoho z cílů přírodovědného vzdělávání (OECD, 2012). Předpokladem je, že takto vedení žáci následně budou schopni efektivněji pracovat v badatelsky pojaté výuce (viz. Škoda, Doulík, Bílek & Šimonová, 2016).

1. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

Teoretická východiska jsou rozdělena do dvou oblastí: chemické a chemicko-didaktické. V chemické části je pozornost věnována chemii hořčíku a jeho reakcím s látkami, které tvoří složky vzduchu (kyslík, dusík, vodní páry, oxid uhličitý), a snadným (ve školních podmínkách realizovatelným) důkazům produktů těchto reakcí. Další částí první oblasti je i bezpečnost při práci v chemické laboratoři a zásady správného zacházení s chemickými látkami. Dále je zde uveden rozbor středoškolských učebnic chemie se zaměřením na téma hořčíku. Didaktická část je zaměřena na modelový experiment (Beneš, 1999) a badatelsky orientované pojetí výuky (např. Banchi & Bell, 2008; Papáček, 2010) s využitím edukačního experimentu. Využití reakcí hořčíku se složkami vzduchu jako námětu edukačního experimentu nebylo doposud v literatuře publikováno.

1.1 Chemie hořčíku

Hořčík, latinským názvem magnesium je označován symbolem Mg. Jedná se o chemický prvek s atomovým číslem 12 a relativní atomovou hmotností 24,31. Elektronová konfigurace hořčíku se může po zkrácení přes nejbližší vzácný plyn zapsat jako $[\text{Ne}]3s^2$. Umístění hořčíku v periodické tabulce prvků je ve 3. periodě II. A skupiny. Hořčík tedy náleží ke kovům alkalických zemin. Hořčík je devátý nejrozšířenější prvek ve vesmíru, vzniká ve velkých stárnoucích hvězdách syntézou tří jader hélia a uhlíkového jádra. Po explozi této hvězdy (supernovy), uniká do mezihvězdného prostoru právě hořčík, který se začleňuje do nových hvězdných systémů (Housecroft & Sharpe, 2008).

1.1.1 Vlastnosti

Pro kovy alkalických zemin je charakteristická stříbrno-bílá barva, lesklý a měkký povrch. Hořčík je tažný a kujný kov s nízkou měrnou hmotností. Veškeré prvky této skupiny mají ve vnějším elektronovém obalu stejnou elektronovou konfiguraci, tedy ns^2 , a téměř totožnou strukturu, která je krystalová. Pokud budeme porovnávat jejich vlastnosti s alkalickými kovy, pak zjistíme, že mají vyšší teplotu tání, vypařovací teplo, hustotu, teplotu varu a teplotu tání.

Na Zemi se hořčík vyskytuje pouze ve sloučeninách s jinými prvky, ve kterých zaujímá oxidační číslo +2. Také může tvořit silikáty, karbonáty, chloridy, sulfáty a chaláty. Na vzduchu se pokrývá vrstvou oxidu, který zmírňuje jeho jinak vysokou reaktivitu. Hořčík

je snadno ionizovatelný. Má relativně vysoký náboj v porovnání s jeho malým průměrem iontu.

Hořčík je elektropozitivní, proto ochotněji reaguje s nekovy. Je také vysoce hořlavý. Na vzduchu hoří oslnivým plamenem, který obsahuje silné ultrafialové světlo, za vzniku oxidu, nitridu hořečnatého, vodíku a uhlíku (MgO , Mg_3N_2 , H_2 a C). Tato vlastnost byla hojně využívána za Druhé světové války, a to k výrobě zápalných zbraní. S vodou reaguje za zvýšené teploty na hydroxid a vodík (Greenwood, 1993).

Podle geochemického modelu hořčík zaujímá šesté místo z hlediska relativního hmotnostního zastoupení, a je následován sodíkem a draslíkem. Těsně před něj se staví vápník. Geochemický model tvoří odhad celkového zastoupení hornin a vyvřelin sedimentárního typu (Greenwood, 1993). Hořčík je obsažen v horninách v podobě nerozpustných křemičitanů, síranů a uhličitanů jako například dolomit, magnesit nebo olivín (Sharpe & Housecroft, 2014). Dále je obsažen v chlorofylu (zeleném listovém barvivu) a je tudíž nepostradatelným prvkem pro fotosyntézu zelených rostlin a řas (Mareček & Honza, 2004).

1.1.2 Využití

Hořčík svou přítomností ve slitinách s hliníkem (zvanými Magnalium) dodává materiálu větší odolnost vůči korozi a zvětšuje jejich mechanickou pevnost. Magnalium jsou slitiny obsahující pět až padesát procent hořčíku. Přidáním stopového množství například cínu, mědi nebo niklu lze dosáhnout zvýšené tvrdosti.

Hořčík je v těchto slitinách ceněn zejména pro svoji nižší hmotnost. Proto se slitiny hořčíku a hliníku používají v průmyslu na výrobu součástí automobilů a letadel (Sharpe & Housecroft, 2014). Další využití mají sloučeniny hořčíku ve farmacii, a to jako prostředek proti pálení žáhy a projímadlo. Ve zdravotnictví se hořčík používá jako projímadlo, k prevenci svalových křečí a jako doprovodná léčba migrény (Deanová, 2016).

Reakcí mezi hořčíkem a kyslíkem vzniká značné množství tepla a velmi intenzivního světelného záření. Velký význam má hořčík i v pyrotechnice. Používá se také jako tenké folie sloužící jako startér hoření. Hořčík se používá k výrobě světlic a ohňostrojí. Nejznámější příklad použití hořčíku v pyrotechnice je bengálský oheň, kde se hořčík používá k zesílení intenzity a zvětšení plamene. Ve formě pilin se používá k vytvoření jiskřivého efektu. Jeho zářivý plamen má své využití i ve fotografických blescích (Sharpe & Housecroft, 2014).

Ze sloučenin s hořčíkem má nejvyšší praktické uplatnění oxid hořečnatý (MgO). Oxid hořečnatý je žáruvzdorný oxid, který je komerčně dostupný. Je dlouhodobě odolný vůči žáru a má vysokou teplotu tání. Proto se používá k výrobě cihel, které se používají například v ocelářství, a to jako vyzdívka ve vysokých pecích pro výrobu železa.

Oxid hořečnatý je dobrým vodičem tepla a zároveň dokáže teplo i dlouhodobě udržet, proto je jeho další využití v radiátorech k akumulaci tepla (Sharpe & Housecroft, 2014).

Dalšími využívanými sloučeninami jsou hydroxid hořečnatý, uhličitan hořečnatý a síran hořečnatý. Hydroxid hořečnatý ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) se může využít při překyselení žaludku a v kožním lékařství se využívá jeho protizánětlivý účinek. Uhličitan hořečnatý (MgCO_3) se začal přidávat do umělých hnojiv, protože je potřeba zachovat koloběh hořčíku. Přidáváním hořčíku do hnojiv se dostane rostlinám dostatečné množství hořčíku. Uhličitan hořečnatý ve formě prášku se používá pro pokrytí rukou proti pocení a pro lepší uchopení náradí. Proto se využívá např. v gymnastice, atletice, horolezectví či u vzpěračů. Síran hořečnatý ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) označován také jako epsomská sůl, se používá jako projímadlo. Také je obsažen ve vřidelní soli a v minerálních vodách jako je Zaječická nebo Šaratica (Steidl, 2001).

V laboratoři můžeme najít hořčík ve formě azbestu, např. azbestová síťka nad kahanem – hořečnatý křemičitan o složení $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_9$ nebo $\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$. Hořčík je i v nástavcích plynových hořáků (Cotton & Wilkinson, 1973).

1.1.3 Výskyt hořčíku

Hořčík se vyskytuje v přírodě, ve vesmíru, v zemské kůře i v mořské vodě. Zásoby hořčíku jsou prakticky neomezené. Výskyt hořčíku v půdě není rovnoměrný. Ani ve vodě není obsah hořčíku daný, ale kolísá. Nízký obsah hořčíku ve vodě, můžeme označit jako měkkou vodu. Naopak významně vyšší obsah hořčíku ve vodě, označujeme pojmem tvrdá voda. Hodně výzkumů se zabývá závislosti obsahu hořčíku v půdě nebo vodě na četnosti výskytu různých onemocnění (Greenwood, 1993; Durlach, 2004).

Tvrdost vody je obsah rozpuštěných nerostů, oxidu vápenatého (CaO) a oxidu hořečnatého (MgO), ve vodě. Tvrdost vody je vyjadřována jako suma vápníku a hořčíku v mmol/l. Měkká voda je dána hodnotou do 0,5 mmol/l, naopak za velmi tvrdou vodu je označena voda s hodnotou nad 3,76 mmol/l. Vysoký obsah vápníku může způsobit vznik ledvinových kamenů. To u vody bohaté na hořčík nehrozí. Prameny v Karlovarských lázních mimo jiné obsahují i hořčík. V blízkosti Karlových Varů pramení pramen kyselky obsahující

přírodní soli hořčíku. Tato voda se prodává pod obchodním názvem Magnesia. Obsah hořčíku v této vodě je okolo 180 mg/l (Steidl, 2001).

1.1.4 Zdroje hořčíku

Hořčík do těla dostáváme buďto prostřednictvím potravy – přírodní cestou, nebo prostřednictvím potravinových doplňků – chemickou cestou.

Hořčík přijímáme každý den, především z každodenní konzumace rostlinné potravy. Z rostlinné stravy získáme hořčík díky přítomnosti chlorofylu. Nejbohatší na hořčík jsou hlavně luštěniny, např. fazole a sója, ořechy apod. Hořčík se vyskytuje i v mase, ale pouze v menších koncentracích (Jursík, 2002).

Hořčík můžeme do těla dostat nejen z potravy, ale také pomocí potravinových doplňků. V dnešní době je dostupný široký výběr doplňků. Doplňky jsou nejčastěji ve formě tablet a užití je perorální. Často se hořčík prodává v kombinaci např. s vápníkem či zinkem. Tyto doplňky slouží k doplnění doporučené denní dávky hořčíku.

Potravinové doplňky spadají pod vyhlášku 225/2008 Sb. Ve zmíněné vyhlášce jsou dané požadavky na doplňky stravy a také povolené sloučeniny, které mohou být v doplňcích obsaženy. Sloučeniny, které mohou být v potravinových doplňcích: octan hořečnatý, uhličitán hořečnatý, chlorid hořečnatý, síran hořečnatý, oxid hořečnatý apod. (Alpers, Bier, Stenson & Taylor, 2008; Nechifor, 2004).

1.1.5 Historie hořčíku

Hořčík nese své jméno podle prefektury řeckého kraje Thesálie, s názvem Magnesium. Z této oblasti pochází i mangan, který byl považován za příbuzný prvek. Již v 17. století se hořčík, v podobě síranu hořečnatého, používal v léčitelství. Oficiální první objevení hořčíku má na svědomí Joseph Black. Asi nejvýznamnější objevy u hořčíku způsobil Victor Grignard, který objasnil roli hořčíku v organické chemii a za objevy dostal dvě Nobelovy ceny. Vědec Willstatter v roce 1915 prokázal, že struktura chlorofylu je tvořena porfyrinovým systémem s centrálním atomem hořečnatého kationtu (Durlach, 2004).

V lidském těle byl hořčík objeven v roce 1850. Hořčík v plazmě analyzoval Denis v roce 1920. McCollum v roce 1932 popsal různé příznaky spojené s nedostatkem hořčíků u potkanů a psů. Pokusy prokázaly, že nedostatek hořčíku má špatný vliv na vývoj, reprodukci, neuro-svalový aparát a iontovou rovnováhu ve zvířecím organismu. Dokonce

popsali tetanii, což je syndrom projevující se spontánní kontrakcí svalů a vyvolává jej nejčastěji extrémně nízká hladina vápníku v krvi. Při podávání určité dávky hořčíku došlo k vymizení příznaků. Díky těmto pokusům se odvodil příjem hořčíku. V roce 1933 byla zjištěna nutnost příjmu hořčíku pro lidský organismus. Roku 1956 Shils popsal deficit hořčíku u člověka. Barners v roce 1969 popsal význam ledvin pro regulaci hořečnatých iontů (Mg^{2+}). Díky dalším poznatkům byl hořčík označen jako nejdůležitější iont (Wilhelm, 2007).

Brněnský profesor Bečka se stal prvním průkopníkem použití hořčíku v lékařství. Zasloužil se o spojení výsledků zvířecích experimentů a aplikace hořčíku do lidského organismu. V rámci pokusů vyrobil Bečka 13 hořčíkových preparátů, dodnes se používá jediný – Polysan. Jedná se o mast s 13 % hydroxidem hořečnatým, jejíž použití bylo lokální v kožním lékařství (Wilhelm, 2005).

V roce 1971 se konala první mezinárodní konference týkající se deficitu hořčíku v lidské patofyziologii. Již od roku 1987 vychází časopis Magnesium Research. Odborné články a knihy o hořčíku vydává také Society for the Development of Research on Magnesium (SDRM) (Durlach, 2004).

1.1.6 Výroba hořčíku

Pro zdroj hořčíku se nejvíce používají rudy magnezit ($MgCO_3$), dolomit ($MgCO_3 \cdot CaCO_3$), minerál karnalit ($MgCl_2 \cdot KCl \cdot H_2O$) a samozřejmě mořská voda. Kovový hořčík se vyrábí elektrolýzou roztavené směsi chloridu hořečnatého a chloridu draselného při teplotách 750 °C a další rafinací nebo silikotermickou redukcí vypáleného dolomitu ferosiliciem při teplotě asi 1200 °C. Pro snížení teploty tání chloridu hořečnatého se přidává chlorid draselný. Chlorid hořečnatý se získává z mořské vody.

Hořčík je komerčně velmi žádoucí, nejen kvůli použití v automobilovém průmyslu, ale i pro výrobu hliníkových slitin, či pro odsíření surového železa. Výroba hořčíku elektrochemickou či termickou redukcí vyžaduje značné vybavení a důrazné dodržování bezpečnostních opatření vůči životnímu prostředí (Kainer, 2003).

Rovnice výroby hořčíku (Jursík, 2002):

- Elektrolýzou chloridu hořečnatého: $MgCl_2 \rightarrow Mg + Cl_2$
- Redukcí oxidu hořečnatého uhlíkem: $2MgO + C \rightarrow 2Mg + CO_2$
- Redukcí oxidu hořečnatého karbidem vápníku: $5MgO + CaC_2 \rightarrow 5Mg + CaO + 2CO_2$

- Redukcí oxidu hořečnatého křemíkem za přítomnosti oxidu vápenatého:

$$2\text{MgO} + \text{Si} + 2\text{CaO} \rightarrow 2\text{Mg} + \text{Ca}_2\text{SiO}_4$$
- Oxid hořečnatý vzniká při spalování hořčíku: $2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$
- Uhličitan hořečnatý vzniká reakcí hydrogenuhličitanu hořečnatého s hydroxidem hořečnatým: $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{MgCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$

1.1.7 Hořčík v lidském těle

Hořčík po draslíku zaujímá druhé místo jako intracelulární (nitrobuněčný) kationt. U dospělého člověka se předpokládá obsah hořčíku na 535-730 mmol, což odpovídá 22-30 g. V těle se hořčík vyskytuje celkem rovnoměrně, 0-60 % se nachází v kostech. V měkkých tkáních je 40-50 % z celkového množství. Přibližně jedna třetina hořčíku v kostech se nachází na povrchu kostí. To slouží jako rezerva v případě nedostatku hořčíku v krevním séru nebo měkkých tkáních. V případě nutnosti se hořčík z povrchu kostí uvolní a doplní hořčík do normální hladiny. Tato rezerva hořčíku se mění v závislosti na věku. V dětství je podíl hořčíku na kostech sloužící jako rezerva cca 50 %, v dospělosti okolo 30 % a ve stáří okolo 10 %. Hořčík v kostech, který neslouží jako rezerva, je v podobě hydroxyapatitu (Wilhelm, 2007).

Podíl hořčíku v extracelulárním (mimobuněčném) prostoru je přibližně pouze jedno procento. Hodnota hořčíku v séru je 0,82-0,94 mmol/l. Velká část hořčíku je ve volně ionizované formě. Dále je navázaný na proteiny, nejčastěji na albumin, což je nejvíce zastoupený protein krevní plazmy, vyskytuje se ale i v tkáňovém a mozkomíšním moku. V menší míře je hořčík spojen s anionty (WHO, Environmental Health Criteria. Magnesium, 2001).

V intracelulární prostoru je většina hořčíku. Koncentrace hořčíku v buňkách se pohybuje mezi 5-20 mmol/l. Drtivá většina hořčíku je spojená s ATP (Adenosintrifosfátem), proto je hořčík spojován s buněčnou metabolickou aktivitou (Boomsna, 2008).

Hořčík ve svalích a kostech:

Ve svalstvu hraje hořčík velmi důležitou roli při polarizaci a dráždivost neuromuskulárních membrán, při synaptickém přenosu na neurosvalových ploténkách kosterních i hladkých svalů, autonomních gangliích a při svalové kontrakci a relaxaci.

K relaxaci svalů je potřebná myokináza, která je aktivovaná hořčíkem. Uvolněný vápník ze sarkoplasmatického retikula vyvolá reakci, při které dojde k zasouvání aktinu a myosinu do sebe, tím dojde ke zkrácení svalového vlákna. Intracelulární hořčík brání uvolnění vápníku, tím klesá síla svalové kontrakce. Extracelulární hořčík pomáhá ke stabilizaci membrány a brzdí tak vznik elektrického procesu (Hronek, 2004; Steidl, 2001).

Porovnání vápníku a hořčíku v kostech je 100:1. Většina hořčíku je na povrchu kostí, a slouží jako rezerva iontu. Při deficitu hořčíku, vápníku, fosforu a vitamínu D může dojít ke kostním a kloubním abnormalitám. Hořčík se podílí na zlepšení kvality kostí, ale i na útlumu resorpce kostí. Vliv hořčíku na skelet se stal tématem mnoha výzkumů. V případě nedostatku hořčíku může dojít ke zrychlení ztráty kostní hmoty či zvýšení fragility (lámavosti) kostí (Hronek, 2004; Žofková & Němčiková, 2008).

Hořčík v imunitním systému:

Hořčík se z hlediska vývoje řadí mezi důležité a zkoumané prvky. Hlavně z hlediska jeho působení v lidském organismu. V imunitním systému se zvažuje role hořčíku a jeho vlivu na nespecifickou a specifickou imunitu. Pro toto tvrzení se uskutečnilo několik výzkumů. V jednom z výzkumů bylo u laboratorních zvířat prokázáno zvýšení prozánětlivých cytosinů, v reakci na nedostatek hořčíku v podávané potravě. V jiném výzkumu se pozorovala aktivace makrofágů, neutrofilů a endoteliálních buněk způsobená nedostatkem hořčíku. Jeden z výzkumů se zabýval vlivem nedostatku hořčíku na orgány. Vše se pozorovalo na dvou skupinách laboratorních zvířat. Jednalo se o skupinu kontrolní a skupinu s nedostatkem hořčíku při apoptóze brzlíku. U skupiny s deficitem hořčíku došlo k větší apoptóze brzlíku, než ve skupině kontrolní (Tam, Gómez, González–Gross & Marcos, 2003).

Výsledky z pokusů na zvířatech lze na lidi přenést jen v určité míře. Výzkumy na lidských modelech nejsou tak rozšířené jako na zvířatech. Ale i tak došlo díky výzkumu s lidmi k pokroku. Aplikace hořčíku má na imunitní systém pozitivní odezvy. Hořčík může pomoci i při akutním a chronickém astmatu. Hořčík vede ke zmírnění kontrakce hladké svaloviny a k podpoře mediátorů jako antagonistů vápníku (Tam, Gómez, González–Gross & Marcos, 2003).

Funkce hořčíku v biochemických procesech:

Jednou z funkcí hořčíku je tzv. kofaktor. Hořčík slouží jako kofaktor pro více jak 300 enzymů. Mezi enzymy, které vyžadují přítomnost hořečnatých iontů, patří např. fosfatázy,

transportázy, fosfoglukomutázy, karboxypeptidázy, cholinoxidázy apod. Hořčík hraje důležitou roli ve stabilizaci struktury ATP v ATP-dependentních enzymových reakcích. Na hořčík jsou vázány také enzymy hexokináza, glukóza-6-fosfatáza či pyruvátkináza. Tím pádem se hořčík podílí na celkovém energetickém metabolismu organismu. Rovněž se podílí na vzniku acetyl-koenzymu A a kyseliny citronové (Bowman & Russel, 2001).

Hořčík má podstatnou roli i v neurosvalovém přenosu. Primárním iontem pro uvolňování neurotransmiteru acetylcholinu do neurosvalových štěrbin je vápník. Hořčík snižuje vstup těchto iontů, jedná se tedy o přirozené blokátory kalciového kanálu (Kvasničková, 1998).

Hořčík se příznivě podílí na metabolismu glukózy. Účastní se řady mezistupňů glykolýzy a na tvorbě APT. Také podporuje ukládání glukózy v podobě polymerovaného glykogenu v jaterní tkáni.

Přítomnost hořčíku je nezbytná při odbourávání i syntéze DNA i RNA, hořčík také aktivuje reparační procesy DNA. Hořčík se v cytoplazmě buňky podílí např. na udržování buněčné integrity či při apoptóze (buněčné smrti).

Hořčík se podílí na průběhu citrátového cyklu. Při reakci, která předchází vzniku sukcinyl-CoA, je důležitá přítomnost hořčíku a vitamínu B1. Zpomalení citrátového cyklu podporuje uvolňování mastných kyselin a cholesterolu do krevního oběhu (Wilhelm, 2007).

Deficit hořčíku v lidském organismu a jeho léčba:

Nedostatek hořčíku v těle může být důsledkem jeho nedostatečného příjmu, zvýšenou spotřebou nebo jeho zvýšeným vylučováním ledvinami. Relativně častý je výskyt chronického nedostatku hořčíku. Přibližně 25 % lidí nepřijme potravou ani dvě třetiny doporučené denní dávky.

Deficit hořčíku se v začátcích projevuje nespécificky. Může to být dané tím, že hořčík je téměř ve všech tělesných tkáních. Nedostatek hořčíku může být spojen s velkým množstvím oborů: neurologie, kardiologie, sportovního lékařství, gastroenterologie, gynekologie, onkologie, imunologie, endokrinologie, diabetologie, psychiatrie apod. Ve všech těchto oborech se s nedostatkem hořčíku můžeme setkat (Kvasničková, 1998).

Příklady důvodů nedostatku hořčíku v těle:

Snížený příjem hořčíku v potravě, držení různých redukčních diet s nevyváženým poměrem hořčíku, chronický průjem, celiakie, porucha vstřebávání – malabsorbční syndrom,

nedostatečné vstřebáváním způsobené krátkým střevem, chronická zánětlivá onemocnění střeva.

Zvýšené vylučování ledvinami způsobené akutním ledvinovým selháním, chronickým ledvinovým onemocněním, užíváním léků snižujících zpětnou resorpci v ledvinách, nadměrným užíváním alkoholu či transplantací ledvin.

Příjem hořčíku je třeba zvýšit v případě těhotenství, u kojících žen, během dospívání, při rekonvalescenci, u vrcholových sportovců, při hypertyreóze a při hyperaldosteronismu a hyperparathyreodismu. (Wilhelm, 2005; Steidl, 2001)

Hlavním bodem léčby je ujištění, zda se jedná opravdu o nedostatek hořčíku či o jiné onemocnění. Léčba není nebezpečná, často bez komplikací a vedlejších účinků. Základní léčbou je podání hořčíku parenterální či perorální cestou.

- Parenterální léčba – podání hořčíku je intravenózně nebo intramuskulárně. Tento typ léčby se používá při závažných projevech deficitu, které mohou ohrozit život pacienta.
- Perorální léčba – pro perorální léčbu se může použít řada solí hořčíku. Asi nejčastěji se používá laktát. Tabletky se užívají na lačno a mohou způsobit průjem. Mohou se použít i šumivé tabletky. Pro lepší vstřebání hořčíku do buňky mohou pomoci malé dávky vitamínu D a B₆ (Steidl, 2001).

Nadbytek hořčíku v lidském organismu:

Opakem deficitu hořčíku je nadbytek hořčíku v krevní plazmě. S nadbytkem se určitě nesetkáme tak často, jako s nedostatkem. Je to dané tím, že zdravý organismus si s nadbytkem hořčíku v těle lehce poradí. Vyloučí ho z těla, například močí. Tímto dochází k udržování stálé hladiny hořčíku v těle. Jiné je to, když organismus má například problémy s ledvinami, pak je třeba dávat pozor na zvýšený obsah hořčíku ve stravě.

V jistých případech může dojít k umělému nadbytku hořčíku, kdy lidé dosáhnou nadbytku hořčíku užíváním potravinových doplňků. Takový nadbytek může působit už toxicky. Z tohoto důvodu byly stanoveny horní limity pro denní příjem.

Projevy nadbytku hořčíku v těle mohou být: průjemy, pocity na zvracení, ztráta chuti k jídlu, svalová slabost, dýchací potíže atd. (Escott-Stump & Mahan, 2008; Bowman & Russel, 2001).

Stanovení hořčíku v těle:

Pro stanovení koncentrace hořčíku v těle se používá řada testů. Jelikož se hořčík vyskytuje téměř všude, je jeho stanovení relativně těžké. Pro získání hodnoty hladiny hořčíku můžeme použít:

1) Celkové množství hořčíku v séru:

Toto stanovení je nejvíce používaný test pro zjištění hodnoty hořčíku v těle. Zmíněné stanovení je jednoduché a není finančně náročné. Test dokáže zhodnotit pouze extracelulární hodnotu hořčíku. Hodnoty hořčíku mohou být ovlivněné několika faktory, např. hladinou pH. Fyziologické hodnoty hořčíku v plazmě jsou 0,75 – 0,96 mmol/l. Při hodnotě pod 0,7 mmol/l se může jednat o deficit hořčíku (Allen, Caballero & Prentice, 2005; Bowman & Russel, 2001; Stedil, 2001; Walti, 2006).

2) Ionizovaný hořčík v séru:

Volný hořčík je nejdůležitější extracelulární frakcí. V plazmě se volný hořčík stanoví pomocí iontově specifické elektrody. Metoda bývá přesnější a spolehlivější než předchozí metoda (Allen, Caballero & Prentice, 2005; Bowman & Russel, 2001).

3) Intracelulární hořčík:

Stanovení intracelulárního hořčíku se neprovádí příliš často. Jedná se o invazivní vyšetření. Odběr buněk se provádí pomocí biopsie a metoda je velmi náročná. Pro stanovení intracelulárního hořčíku se mohou použít i erytrocyty (červené krvinky). Hodnoty hořčíku v erytrocytech jsou 2,06 – 2,54 mmol/l (Allen, Caballero & Prentice, 2005; Bowman & Russel, 2001).

4) Stanovení hořčíku v moči:

Vyloučené množství hořčíku nám může ukázat stav hořčíku v těle. Hodnota hořčíku v moči je v rozmezí 1,3 – 8,2 mmol/den. Fyziologická hodnota se pohybuje okolo 4,32 mmol/den. Pokud je hodnota nižší než udaná v rozmezí, může to signalizovat deficit hořčíku (Allen, Caballero & Prentice, 2005).

5) Klasický toleranční test:

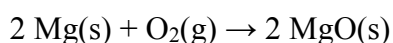
Tento test se používá při podezření na nedostatek hořčíku v těle. Pacientovi se podá infuze s hořčíkem, posléze se v průběhu 24 hodin měří hladina hořčíku v moči. U zdravých osob by mělo dojít k vyloučení přibližně 80 % podané látky. Pokud dojde k zadržení více jak 30 %, může se jednat o deficit hořčíku. Tento test je asi nejpřesnější, ale je časově náročný

a není vhodný pro všechny pacienty. Samozřejmě se musí pacientovi přizpůsobit, protože u starých lidí dochází k zadržování hořčíku, i při dostatečném příjmu (Allen, Caballero & Prentice, 2005; Alpers, Bier, Stenson & Taylor, 2008; Bowman & Russel, 2001; Walti, Fortunato, Hurrell, Spinass, Walczyk, Weber & Zimmermann, 2006).

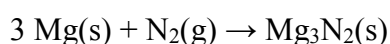
1.2 Chemické základy studovaných jevů

Motivem práce je hoření hořčíku ve vzduchu. Proto byly zvažovány hypotetické možnosti reakce hořčíku se složkami vzduchu – kyslíkem, dusíkem, vodními parami a oxidem uhličitým. Pochopitelně nebyly zvažovány netečné (vzácné) plyny. Přehledová literatura (Greenwood, 1993; Sharpe & Housecroft, 2014; Trtílek, Hofmann & Borovička, 1973), uvádí následující možnosti reakce hořčíku s těmito látkami:

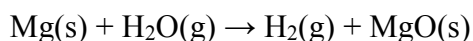
A) Hořčík reaguje s kyslíkem za vzniku oxidu hořečnatého.



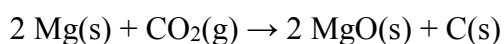
B) Hořčík reaguje s dusíkem a vzniká nitrid hořečnatý.



C) Hořčík reaguje s vodní párou za vzniku vodíku a oxidu hořečnatého.

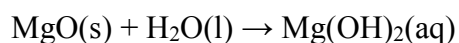


D) Hořčík reaguje s oxidem uhličitým a vzniká oxid hořečnatý a uhlík.



Ve výše citované literatuře lze rovněž nalézt jednoduché možnosti důkazů produktů:

A) Oxid hořečnatý reaguje s vodou a vzniká hydroxid hořečnatý:



B) Nitrid hořečnatý můžeme postupně dokázat takto:

- Nitrid reaguje s vodou a vzniká hydroxid amonný a hydroxid hořečnatý.



- Přidáním roztoku hydroxidu sodného a zahřátím směsi se uvolní amoniak.

$$2 \text{NH}_4\text{OH}(\text{aq}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$$
- Důkaz amoniaku provedeme vlhkým fenolftaleinovým papírkem (amoniak se rozpustí ve vodě za vzniku hydroxidu amonného, který způsobí zčervenání fenolftaleinu).
- Přesvědčivěji můžeme amoniak dokázat specifickým Nesslerovým činidlem, které s amoniakem vytváří hnědou sraženinou.

C) Vodík při svém hoření podporuje plamen.

D) Oxid hořečnatý je bílá pevná látka, důkaz provedeme stejně jako v bodě A). Uhlík je černá pevná látka.

1.3 Bezpečnost práce v chemické laboratoři

Pokud pracujeme v laboratoři setkáváme s mnoha druhy chemikálií. Tyto chemikálie mohou při nesprávné manipulaci způsobit újmu na zdraví, a proto se musíme řídit určitými zákonnými požadavky, základními pravidly a zásadami bezpečnosti práce. V případě práce ve školních chemických laboratořích je bezpečnost práce dále upravena laboratorním řádem.

1.3.1 Zákonné požadavky

Nejdůležitější předpis pro práci v chemické laboratoři je technická norma „ČSN 01 8003 — Zásady pro bezpečnou práci v chemických laboratořích“.

Mezi další souvisejí zákonné požadavky patří:

- Zákon č. 350/2011 Sb. - o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon),
- Zákon č. 133/1985 Sb. - České národní rady o požární ochraně,
- Zákon č. 258/2000 Sb. - o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů,
- Zákon č. 185/2001 Sb. - o odpadech a o změně některých dalších zákonů,

- Nařízení (ES) č. 1907/2006 - o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek (REACH),
- Nařízení (ES) č. 1272/2008 - o klasifikaci, označování a balení látek a směsí (nařízení CLP),
- Nařízení vlády č. 467/2009 Sb. - kterým se pro účely trestního zákoníku stanoví, co se považuje za jedy a jaké je množství větší než malé u omamných látek, psychotropních látek, přípravků je obsahujících a jedů.

(TIS – Toxikologické informační centrum; BOZP, 2013)

Nejčastější rizika při práci v laboratořích jsou:

- nebezpečí vzniku požáru,
- nebezpečí prudké oxidace,
- nebezpečí výbuchu,
- nebezpečí poleptání,
- nebezpečí otravy,
- nebezpečí pořezání,
- nebezpečí práce s laboratorními přístroji a pomůckami.

Před započítím práce v chemické laboratoři je potřeba seznámit se s laboratorním řádem, s obsahem lékárničky a se zásadami poskytnutí první pomoci.

Pro případ nehody je nutné znát telefonní čísla na záchranné složky.

- 112 – integrovaný záchranný systém,
- 150 – záchranná služba,
- 155 – hasiči,
- 158 – policie ČR.

Do chemické laboratoře vstupujeme pouze pokud to náš zdravotní stav umožní, těhotným a kojícím ženám je vstup zakázán. Na pracoviště nepouštíme ani cizí osoby. Základní pravidla

v laboratoři jsou nekouřit, nejíst a nepít. Tudíž ani nevnášíme potraviny dovnitř místnosti, mohlo by dojít k záměně nebo kontaminaci. Velmi důležité je používat ochranné pomůcky, mezi než patří ochranné brýle, popř. štít, plášť, pevná obuv a rukavice. Před započítím práce si umyjeme ruce, dlouhé vlasy svážeme, popř. použijeme vhodnou pokrývku hlavy. V laboratoři vždy dodržujeme předepsané pracovní postupy experimentu a dodržujeme předpisy popisující práci s nebezpečnými látkami a odpady. Pracujeme výhradně s označenými chemikáliemi. Při manipulaci s chemickými látkami používáme čisté laboratorní náčiní příslušné pro danou operaci.

Chemické látky v žádném případě neochutnáváme ani k nim přímo nečicháme. S toxickými, dýmavými a jinak dráždivými látkami pracujeme výlučně v uzavřené odvětrávané digestoři. Otevřené láhve neodkládáme na pracovní desku, ale ihned je zavíráme. Hořlavé látky nesmíme odkládat v blízkosti ohně např. plamene lihového kahanu. Dbáme také dodržování bezpečnosti práce s elektrickými zařízeními. S těmito zařízení a jejich obsluhou se seznámíme před započítím jejich využívání (TIS – Toxikologické informační centrum; BOZP, 2013).

Několik bezpečných zásad

Vždy když ředíme kyseliny naléváme kyselinu do vody, nikde ne opačně. Vyhnete se tak prudké reakci a možnosti poleptání. Žíraviny skladujeme vždy pod úrovní ramen pro případ shoení. Podobně se snažíme minimalizovat riziko při zahřívání látek tím, že hrdlo nádoby směřujeme od sebe do volného prostoru a zahřívání provádíme pozvolna od hladiny ke dnu. Při rozpouštění hydroxidů na ně nikdy nelijeme vodu, nýbrž je po menších dávkách za stálého míchání přisypáváme.

Po celou dobu práce v laboratoři dbáme zvýšené opatrnosti a řídíme se pokyny praktika, který vede vyučování a nikdy nenecháváme naše pracoviště bez dozoru. Pokud přece jenom dojde k zasažení chemikálií, urychleně si zasažené místo opláchneme a umyjeme mýdlem. Když dokončíme veškeré práce, uvedeme opět pracoviště do původního čistého stavu, v jakém jsme jej převzali (Nováková & Pucek 2013; BOZP, 2013).

1.3.2 Bezpečnost práce při pokusech

Při každém experimentu musí být dodržena bezpečnost práce pro žáky i učitele. Zvláště při chemických experimentech, kdy může dojít k úniku škodlivých látek. V každé učebně chemie a laboratoři má být vyvěšen bezpečnostní předpis.

Součástí předpisu by mělo být (Čtrnáctová, Halbych, Hudeček & Šimová, 2000):

- vstup žáků do učebny je možný pouze se souhlasem vyučujícího,
- v učebně je zakázáno jíst a pít,
- je zakázáno ochutnávat chemikálie a odnášet je z učebny,
- povinné hlášení poranění,
- pokusy se provádí podle pokynů vyučujícího,
- v učebně musí být vybavená lékárnička,
- udržování pořádku a čistoty.

Chemikálie musí být řádně popsány a označeny. Uskladnění a manipulace musí odpovídat HP větám. Tyto věty jsou povinné na každé chemikálii, která obsahuje minimálně jednu nebezpečnou substanci. Pomáhají při správné manipulaci s chemikáliemi.

H-věty — udávají specifickou rizikovost, tedy popis rizik fyzikálně-chemických, environmentálních a zdravotních. H-věty jsou velmi podobné starému systému R-vět. H-věty mohou být také kombinované. Příkladem H-vět může být: H220 Extrémně hořlavý plyn, EUH 014 Prudce reaguje s vodou, H315 Dráždí kůži, H400: Toxický pro vodní organismy, H336: Vdechování par může způsobit ospalost a závratě.

P-věty — obsahují pokyny, jak bezpečně nakládat s nebezpečnými chemickými látkami. Jedná se o nový systém nahrazující pokyny S-větami. P-věty jsou taktéž prakticky o stejném obsahu jako S-věty. Příkladem P-vět může být: P210: Uchovávejte mimo dosah tepla, horkých povrchů, jisker, otevřeného ohně a jiných zdrojů plamene, P262: Zamezte styku s očima, pokožkou a ošacením, P301+P312: Pokud dojde k požití a necítíte se dobře, volejte o pomoc lékaře, nebo toxikologické informační centrum (Seznamy H-vět a P-vět, 2005).

1.4 Chemie hořčíku ve středoškolských učebnicích chemie

Učebnice jsou tradiční vzdělávací médium jak pro učitele, tak pro žáky. Avšak právě jejich tradičnost často souvisí s jejich zastaralostí. Učitelé často vybírají nevhodné učebnice s neaktuálními informacemi. Proto vzniká řada analýz učebnic jak pro základní, tak pro střední školy. Cílem analýz je vybrat nejvhodnější materiály pro výuku daných předmětů.

V učebnicích mají být vhodně řazena témata, která mají být srozumitelně a názorně vysvětlena. Jedním z nejdůležitějších kritérií je i obtížnost publikovaného textu. (Rusek, Beneš, Metelková & Stárková, 2016).

S ohledem na zaměření práce bylo logickým krokem zmapovat pojetí tématu chemie hořčíku v učebnicích chemie. Vzhledem ke komplexnosti zamýšlených experimentů, i náročnosti provedení navrhované badatelské aktivity, byly pro získání informací o této části edukační reality analyzovány učebnice chemie pro střední školy. Východiskem byl text (Huvarová, 2010), kde autorka uvádí nejčastěji užívané učebnice ve výuce chemie. Pět nepoužívanějších učebnic bylo podrobena analýze zaměřené na téma hořčíku a jeho reakcí.

Z analýzy vyplývá, že pouze v jedné z používaných učebnic, Chemie pro čtyřletá gymnázia (Mareček & Honza, 2004), je uvedena správná rovnice hoření hořčíku na vzduchu, a to za vzniku oxidu a nitridu hořečnatého. Další minoritní produkty, kterými je uhlík a kyslík ale neuvádí. Tato učebnice je podle Huvarové (2010) doporučovaná jako vhodný studijní materiál 67% učitelů. Smutné je, že v druhé nepoužívanější učebnici, kterou je Přehled středoškolské chemie (Vacík, 1999) se o tématu hoření hořčíku autor nezmiňuje vůbec. Pouze zde uvádí, že se hořčík používá jako Grignardovo činidlo, což žákům nic nepoví, neboť se o této problematice dozvědí až v dalším ročníku při organické chemii.

V pořadí dalších užívaných učebnicích, kterými je Odmaturuj z chemie (Benešová & Satrapová, 2002), Chemie I (Obecná a anorganická) (Fleml & Dušek, 2001) a poslední, tedy pátou, analyzovanou Chemie I.II. v kostce pro střední školy (Kotlík, 2009), se reaktivitou hořčíku nezabývali vůbec nebo byl chybně uváděn produkt hoření na vzduchu.

Lze tedy předpokládat, že téma hoření hořčíku ve vzduchu není buďto ve výuce zmíněno vůbec, nebo se ve školním pojetí omezuje pouze na reakci hořčíku s kyslíkem. Možnost vzniku dalších produktů – reakce hořčíku s dalšími složkami vzduchu – se proto nabízí jako nové zajímavé až překvapivé zpestření tématu.

1.5 Edukační experiment a badatelská metoda

1.5.1 Edukační experiment

Chemie je experimentální věda, proto pro ni mají pokusy nepostradatelný význam. Již první vydaná učebnice „Demerihho Kurz chemie“ z roku 1697, považuje experiment za základ chemie, která je zde uváděna jako demonstrační věda. V současné době dochází

k poklesu nebo úplnému vymizení pokusů ve výuce chemie. Důvodem je údajný časový stres a nedostatečné materiální zabezpečení učeben a laboratoří.

Edukační experiment má významnou roli jak motivační, informační tak i metodologickou. Řešení experimentálních úloh vede k rozvoji myšlení a samostatnosti. V chemii nám také dává cenné poznatky o složení, vlastnostech a struktuře sledované chemické látky. Jeho absence má za následek ztrátu názornosti a obecnou nepopularitu chemie (Beneš, Rusek & Kudrna, 2015). Častým důvodem nízké efektivity experimentů ve školním pojetí (srov. Blažek & Příhodová, 2016) může být i efekt tzv. odcizeného poznávání (Janík, Slavík, Mužík, a kol., 2013, s. 236) způsobený nízkou transparentností prováděných experimentů (srov. Trna, 2013).

Pojem modelový (edukační) experiment se podle (Beneš, 1999) dá chápat jako skupina 3 pokusů a to reálného, myšlenkového a jako experimentu s modely. V této práci je tento pojem chápán jako experiment reálný, tedy experiment s reálnými objekty. Tento experiment lze uchopit jako postup určující sled úkonů při řešení empirických úkolů.

Experiment má být sémanticky, logicky i chronologicky uspořádaný, aby byl v souladu s pravidly vědy a s předpoklady žáků. Rozvržení experimentu by mělo mít tyto části: motivace, teoretická příprava, praktická příprava, sledování průběhu, vyvozování závěrů (srov. Pachmann & Hofmann, 1981). Pomocí experimentů dochází k získávání tzv. instrumentální zkušenosti. Hlavním cílem experimentů je propojení deduktivní teoretické úvahy a empiricko-výzkumné procedury. Dojde k navržení hypotézy o vztazích mezi proměnnými a ke způsobu jejího ověřování, a tím se rozvíjí instrumentální zkušenost (Rusek, Najvar & Slavík, 2016).

Provedení experimentu má být takové, aby došlo k pozorování a zaznamenávání průběhu experimentů, popřípadě zaznamenání údajů, a zjištění souvislosti mezi přírodním procesem a experimentálními zásahy do něj, včetně vědeckého vysvětlení (Beneš, 1999).

1.5.2 Badatelská metoda

Některé reakce svým překvapivým průběhem mohou být motivem pro badatelský přístup k řešení problémů a zároveň mohou vést k novému poznání na základě rozdílu mezi předpokládaným výsledkem – hypotézou a skutečným výsledkem – realitou. Jde o kladení otázek o předpokládaném průběhu děje a jeho výsledcích, které vedou k určitým hypotézám.

Badatelský přístup spočívá v tom, že přijdeme na něco nového, nečekaného. Nejde tedy o důkaz a prokázání známého, ale o zjištění pro nás něčeho skutečně nového (srov. Beneš 1999).

Ke konci 80. let minulého století začala krize scientistického a humanistického paradigmatu přírodovědného vzdělání. Důvodem byl příchod nových informačních technologií.

Absence metodiky výběru vhodného učebního obsahu byla zřejmá již v 60. letech minulého století. Tento podnět rozvinul v USA diskusi na téma „Podstata a cíle vyučování“. Závěrem bylo vybudování nového vyučovacího a vzdělávacího postupu IBSE – Inquiry based science education. Tento výukový směr byl v roce 1996 specifikován národními standarty v oblasti přírodních věd společností NSES. Do Evropy se tento styl výuky dostal až v 90. letech.

Do češtiny byl pojem IBSE přeložen jako BOV – badatelsky orientované vyučování. BOV vede žáky ke kritickému myšlení, učí je formulovat problémy, vyvozovat závěry. Učitel klade systém otázek, které mají žáka dovést k vytvoření znalosti.

S nepopularitou přírodovědných oborů se také snaží vypořádat Evropská unie financováním Sedmého rámcového programu, vznikají tak mimo jiné i mezinárodní projekty zabývající se vzděláváním a vyučováním matematiky a přírodních věd. V České republice se o rozvoj přírodních věd snaží i Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy garancí projektu PTPO (Podpora technických a přírodovědných oborů).

Společnost White Wolf Consulting (2009) vydala zprávu o malém zájmu o technické a přírodovědné obory, žáci podle ní odmítají tyto obory kvůli obtížnosti a náročnosti jejich předmětů. Paradoxně je ale označují za zajímavé a pro budoucnost potřebným. Výzkum PISA z roku 2006 ale uvádí, že problém není v osvojení si přívalu všech přírodovědných teorií a poznatků, ale v individuálním uvažování žáků nad daným přírodovědným problémem, vytvářením předpokladů a nacházení způsobu řešení.

Společnost McKinsey & Company ve zprávě z roku 2010 upozorňuje na postupné zhoršování výsledků ve vzdělávání na našich základních a středních školách. Žáci jsou na tom mnohem hůře, než tomu bylo v roce 1995. Společnost dále uvádí, že se dokonce obává o prosperitu České republiky, uvádí, že by mohlo vlivem nevzdělanosti dojít do roku 2050 ke ztrátě Hrubého domácího produktu až o 11 %. Řešení tohoto problému je zavádění různých

reforem školství, pomocí rámcových vzdělávacích programů. Ty jsou však často podle Janíka a Slavíka (2007) uspěchané, nepromyšlené a nezabývají se řešením samé podstaty problému.

Koršňáková (2005) vidí za strůjce nepopularity přírodovědných oborů fakt, že učitelé v jejich výuce zapomínají na názornost a žáky stíhají o daných problémech pouze informovat, nikoli je řádně vysvětlit a využít v každodenní praxi.

Škoda a Doulík (2009), kteří se věnovali dlouhodobému historickému vývoji přírodovědného vzdělávání uvádějí, že množství a abstraktnost všech přírodovědných znalostí, které jsou na žáky kladeny, neodpovídají jejich kognitivním schopnostem. Žákům proto nezbyvá, než se jen nazpaměť naučit fakta, bez jejich pochopení, natož pochopení různých důležitých souvislostí.

V amerických sociologických studiích poukazují na odlišnost generací důsledkem informačních a komunikačních technologií. Domnívají se, že narůstající závislost na těchto technologiích vede ke snižování autority učitelů, jakožto ke zdrojům informací (Papáček, 2010).

Řešení výše uvedené problematiky je zavedení již zmíněného konstruktivistického vzdělávacího směru IBE (inquiry based education), v přírodních vědách je to IBSE (inquiry based science education). Tento směr výuky se stává čím dál více atraktivní a v dnešní době existuje spousta metodických příruček pro jeho realizaci. V češtině můžeme daný směr přeložit jako vyučování objevováním, bádáním (Mareš & Gavora, 1999) a dostal zkratku BOV (badatelsky orientované vyučování). Stuchlíková (2010) překládá inquiry jako cílevědomý proces pojmenování problému, jeho řešení a vyvozování adekvátních závěrů. Znalosti jsou pak získávány cestou kladení otázek, které žáky nutí ke spolupráci a zamyšlení se nad danou problematikou.

1.5.3 Videonahrávka jako prostředek výuky

Virtuální experimenty mohou být velmi přínosnou alternativou reálného experimentu. Přínosem je možnost shlédnout experiment, který nemůžeme realizovat v daných podmínkách a také, že lze filmovým trikem doplnit experiment výkladem jeho podstaty (zpomalení, zrychlení, mechanismy). Nedostatkem je ztráta motivace spočívající v trojrozměrném sledování dějů a využití základní přednosti edukačního experimentu, který zpřístupňuje poznání všem smyslům (Škoda & Doulík, 2009). Pro učitele však nepředstavuje takové riziko,

jako nedostatečná připravenost vlastního scénáře, přípravy. Video vždy dosáhne stanoveného cíle a je vhodnou alternativou pro netvořivé učitele (Papáček, 2010).

2. CÍLE PRÁCE

Cílem předkládané práce je navržení a ověření sady experimentů k učivu hořčíku pro úroveň střední školy. Jak bylo zjištěno analýzou středoškolských učebnic (kap. 1.4), středoškolské učebnice chemie neuvádí všechny produkty jeho hoření. Některé je neuvádí vůbec. Experimenty vedou k ověření reakce hoření hořčíku v jednotlivých složkách vzduchu a k ověření produktů hoření pomocí chemických indikátorů.

2.1 Výzkumná otázka

Navržené experimenty zkoumají hoření hořčíku a zaměřují se na složky vzduchu, se kterými může hořící hořčík reagovat. Dobrým příkladem může být předpoklad, že CO₂ obsažený v hasicích přístrojích nebude reagovat s hořícím hořčíkem, nebo bude jeho plamen inhibovat. Realita je však jiná a dotazníkovým šetřením IMI se snažím získat zpětnou vazbu od studentů a dokázat tak odpovědět na otázku: „Jsou uvedené experimenty použitelné při výuce chemie?“.

2.2 Výzkumný nástroj

Pro posouzení vnitřní motivace a samoregulace žáků při laboratorních pokusech byl použit dotazník IMI (Intrinsic motivation inventory). Vybrané škály jsou určeny pro hodnocení užitečnost/přínos, úsilí, vnímání možnosti volby, zájem/poutavost, tenzi a tlak během dané aktivity. Respondenti odpovídají na otázky prostřednictvím škály 1-7, vyjadřují tak souhlas či nesouhlas s daným tvrzením (1 byl naprostý nesouhlas, 7 pak naprostý souhlas s tvrzením), např. „Tyto pokusy mi přišly velmi zajímavé“. Nástroj IMI použili pro hodnocení experimentů například (Deci, Eghrari, Patrick & Leone, 1994; Plant & Ryan, 1985; Ryan, Connell & Plant, 1990; Ryan, Koestner & Deci, 1991; Ryan, Mims & Koestner, 1983).

Ačkoliv je dotazník nazýván „inventář vnitřní motivace“, subjektivně popisuje vnitřní motivaci jako takovou pouze jedna subškála a to zájem/poutavost. Tato subškála má zpravidla více částí než ostatní. Za kladný předpoklad sebehodnocení a velikosti vnitřní motivace jsou považovány vnímané možnosti volby a kompetence. Naopak jako negativní předpoklad

vnitřní motivace jsou vnímány tlak nebo tenze. Samotné úsilí pak představuje z hlediska využití relevantní proměnnou, jejíž význam souvisí s částí otázek týkajících se motivace. Přínos/užitečnost je subškála, kterou využívají lidé při studiu interiorizace (Deci, Eghrari, Patrick & Leone, 1994). Předpokladem je, že využíváme samoregulaci a interiorizace během aktivit, jež pokládáme na základě empirických zkušeností za relevantní a užitečné. Pro studium mezilidských vztahů se používá subškála sociálních vztahů – relatedness. U této subškály není dosud plně ověřena její platnost.

Dotazník IMI můžeme vytvořit z libovolného počtu výše uvedených subškál. Každá z daných subškál je z pohledu faktorové analýzy stabilní, a to dle nastavení, daných podmínek i různých úkolů. Řazení položek v subškálách se řídí obecnými kritérii, které vyžadují faktorovou zátěž ve vybrané subškále. Faktorová zátěž by měla nabývat minimální hodnoty 0,6. Ideální je vyvarovat se křížové zátěži přesahující hodnoty 0,4. Jako doporučení pro badatele a jejich nové soubory dat se uvádí, aby prováděli vlastní faktorovou analýzu. Z praktických zkušeností se jeví, že pořadí položek a zařazení či nezařazení jednotlivých subškál, nemá zásadní vliv na ostatní subškály. Nebývají tedy zvykem pokusy, které obsahují všechny položky. Badatelé vybírají pouze subškáli vhodné pro jejich zkoumanou oblast. Zároveň je možná mírná úprava co se položek týče, tak aby lépe odpovídali dané aktivitě. Musíme však tyto změny v interpretaci činit s ohledem na platnost a spolehlivost výzkumné metody (Intrinsic Motivation Inventory (IMI), 2014).

Velmi důležitá je interpretace subjektivních odpovědí respondentů. Musíme znát výzkumný vzorek, poté je možné hodnotit, proč respondenti odpovídají tak, jak odpovídají. Zohledňují se prvky dynamiky a struktury osobnosti, např. ego, chování v daném prostředí. Jsou uváděny případy, kdy se respondenti dostali pod tlak během výpovědi o svobodné volbě. Jejich chování bylo poté odlišné při porovnání s částí zájem/poutavost (např. Ryan, Koestner a Deci ve své studii z roku 1991). Je nutné brát zřetel na fakt, že výpověď o zájmu/poutavosti koreluje s chováním, postaveném na svobodné volbě. Jako další problém se může jevit nadbytečnost sesbíraných dat. V jednotlivých subškálách se mohou některé položky částečně překrývat, ale v případě náhodného řazení to nemusí být na první pohled respondentům zřejmé. Lze použít i méně položek s jistou mírou spolehlivosti. V případě přírůstku R nad hodnotu 4 pro daný faktor je tato hodnota malá. Validní výsledky s vyšší vypovídající hodnotou přináší, ze zřejmých důvodů, subškály o větším počtu položek. Platnost metody IMI potvrzuje studie McAuley, Duncan a Tammen (1989), podpořená řeckou studií Tsigilis a Theodosiou (2003).

2.3 Postup ověření efektivity navrhované aktivity

Příprava vlastního IMI dotazníku

Dotazník IMI umožňuje výběr konkrétních částí odpovídajících povaze zkoumané oblasti. Pro účely ověření navržené aktivity byly použity škály zájem/ poutavost a přínos/ užitečnost (Intrinsic Motivation Inventory (IMI), 2014).

Vyhodnocení subškál

Položky označené (R) se bodující obráceně. Od hodnoty 8 odečteme hodnotu u příslušné položky, výsledné číslo poté bude vypovídající hodnotou této položky. Pro jednotlivé subškály poté spočteme jejich průměr ze všech položek, tím dostaneme skóre jednotlivých subškál. Následně toto skóre využijeme pro vyhodnocení relevantních otázek. (Intrinsic Motivation Inventory (IMI), 2014).

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experimentální část této práce obsahuje pět částí. Nejdříve jsem navrhla a ověřila vhodné edukační experimenty. Poté následovalo didaktické zpracování projektu, kde jsem využila výstupy z dalších podkapitol: scénáře činnosti a komentář vyučujícího, ale také ověření předkládaných experimentů ve výuce chemie. Pracovních listů žáků jsem umístila do příloh a jsou jejich součástí.

3.1 Navržené edukační experimenty

Navrženy a ověřeny byly experimenty hoření hořčíku:

- A) ve vzduchu,
- B) v kyslíku s důkazem vzniku oxidu,
- C) ve vzduchu s důkazem vzniku nitridu,
- D) v párách vody
- E) v oxidu uhličitém.

V úvodu každého pokusu jsem uvedla předpoklad, který je formulován na základě dosavadních znalostí žáků. Dochází tak k aktualizaci konceptové a tematické vrstvy modelu

HSV (Janík, Slavík & Mužík, 2013, s. 56–57). Experimentální ověření předpokladu žáků obsahuje soubor potřebných pomůcek a pracovní postup. Výsledky pokusu jsou uvedeny v části pozorování a v závěru.

3.2 Didaktické zpracování pokusů

Didaktické zpracování pokusů obsahuje návrh jeho realizace vyučujícím. Jde o novou formu metodiky „scénáře“ kdy je připojen text výkladu učitele s jeho pracovními postupy při realizaci experimentů. Netradiční přístup spočívá i v tom, že jsou průběžně zapojováni žáci řešením navazujících úloh ve svých pracovních listech. Do pracovních listů žáci samostatně doplní výsledky svého pozorování.

Vhodným obohacením „scénáře“ by bylo, kdyby vyučující měl k dispozici obrázky a videozáznamy pokusů. Obrázky jsou ilustrativním doplněním, videozáznamy poskytují náhradu reálného pokusu projekcí. Videozáznam umožňuje uskutečnit projekt i v podmínkách, kdy není k dispozici potřebné vybavení pro realizaci pokusů. Zároveň také poskytuje možnost opakovat studium daných dějů v rámci projektu a poskytuje jejich využití v běžné výuce.

Cesta badatelského poznávání světa okolo nás je pro žáky vedena následujícími kroky:

- motivace a formulace problému,
- předpoklad o jeho řešení,
- postup nalezení odpovědi,
- získání a formulace nových poznatků (viz. Beneš, 1999).

Pokusy jsou členěny do šesti na sebe navazujících fází, kdy se badatelským postupem nalézají odpovědi na otázky:

- Můžeme kov zapálit?
- Může hořčík hořet ve vzduchu?
- Jak reaguje hořčík s kyslíkem?
- Dokáže hořčík reagovat s dusíkem?

- Uhasíme hořící hořčík vodou (vodní párou)?
- Může hořčík hořet v oxidu uhličitém?

3.3 Příprava experimentů

Kapitola „Příprava experimentů“ slouží učiteli jako vodítko k vyzkoušení a samotné přípravě experimentu, než jej předvede před žáky.

A) Vlastnosti kovů – příprava vyučujícího

Experimentální ověření:

Pomůcky a chemikálie:

železný hřebík, měděný plíšek, hliníková fólie, kahan, kleště, zápalky, šmirgl papír.

Pracovní postup:

- a) očistíme kovy,
- b) do plamene kahanu postupně vkládáme jednotlivé kovy,
- c) pozorujeme chování kovů.

Pozorování a závěr:

Kov v plameni mění barvu v důsledku rozžhavení.

B) Hoření hořčíku ve vzduchu — příprava vyučujícího

Předpoklad:

I. Kovy jsou nehořlavé, a proto hořčík nelze zapálit.

Experimentální ověření:

Pomůcky a chemikálie:

hořčíkové hobliny, trojnožka, keramická síťka, kahan, zápalky, lžička.

Pracovní postup:

- a) na trojnožku položíme keramickou síťku,
- b) na síťku nasypeme 2-3 lžičky hořčíkových hoblin,
- c) k hořčíku přiblížíme plamen kahanu,
- d) po vznícení hořčíku kahan oddálíme.

Pozorování:

Kovový hořčík se po zahřátí plamenem kahanu vznítí a hoří ve vzduchu oslňujícím plamenem za vzniku bílé pevné látky.

Závěr:

Byl vyvrácen předpoklad o nehořlavosti hořčíku.

C) Hoření hořčíku v kyslíku — příprava vyučujícího

Předpoklad:

I. Hořčík po zapálení v plameni kahanu hoří ve vzduchu stejně jako v kyslíku.

Experimentální ověření:

Pomůcky a chemikálie:

hořčíková páska (cca 15cm), voda, fenolftalein, kahan, zápalky, kleště, špejle, baňka se širokým hrdlem naplněná kyslíkem, (kyslík z tlakové lahve nebo připravený rozkladem peroxidu vodíku, popřípadě reakcí neušlechtilého kovu s kyselinou).

Pracovní postup:

- a) zapálíme sirku, uhasíme ji a doutnající vložíme do baňky s kyslíkem – opět se zapálí – důkaz přítomnosti kyslíku,
- b) hořčíkovou pásku uchopíme do kleští,
- c) pásku zapálíme v plameni kahanu,
- d) hořící pásku vložíme do baňky s kyslíkem a pozorujeme děj,
- e) po ukončení reakce nalijeme do baňky vodu,
- f) přidáme 4-5 kapek fenolftaleinu a promícháme.

Pozorování:

hořčík hoří v kyslíku intenzivněji než ve vzduchu, kde je jen 21% kyslíku, zčervenání roztoku fenolftaleinu dokazuje, že produkt hoření je oxid hořečnatý, který s vodou reaguje za vzniku hydroxidu hořečnatého.

Závěr:

Byl vyvrácen předpoklad o hoření hořčíku v kyslíku.

D) Hoření hořčíku se vzdušným dusíkem — příprava vyučujícího

Předpoklad:

I. Dusík dusí plamen a zabraňuje hoření.

Experimentální ověření:

Pomůcky a chemikálie: hořčíková páska (cca 15 cm), voda, Nesslerovo činidlo, fenolftalein, třecí miska s tloučkem, dvě kádinky, kahan, zápalky, kleště.

Pracovní postup:

- a) zapálíme hořčíkovou pásku nad třecí miskou,
- b) produkt hoření rozetřeme v misce a přidáme vodu,
- c) roztok rozlijeme do dvou kádinek,
- d) do jedné kádinky přidáme 2-3 kapky Nesslerova činidla,
- e) do druhé kádinky přidáme 3-4 kapky fenolftaleinu,
- f) pozorujeme změnu zbarvení roztoků v kádinkách.

Pozorování:

pomocí indikátorů jsme dokázali, že hořčík reaguje i se vzdušným dusíkem za vzniku nitridu, který zbarvil kádinku s Nesslerovým činidlem, což je specifické činidlo pro důkaz amoniaku, který vznikl rozpuštěním nitridu hořečnatého a vodou.

Závěr:

Byl vyvrácen předpoklad o účincích dusíku na hořící hořčík.

E) Hoření hořčíku ve vodní páře — příprava vyučujícího

Předpoklad:

I. Voda je běžným hasícím prostředkem, proto její páry uhasí hořící hořčík.

Experimentální ověření:

Pomůcky a chemikálie:

hořčíková páska (cca 15 cm), voda, kleště, baňka s širokým hrdlem, topné hnízdo (varná konvice), varný kamínek, zápalky, kahan, špejle.

Pracovní postup:

- a) na dno baňky nalijeme vodu,
- b) baňku usadíme do topného hnízda,
- c) přidáme varný kamínek a pustíme zahřívání,
- d) když se začne rosit hrdlo baňky, zapálíme špejli,
- e) hořící špejli přiložíme v hrdlu baňky (uhasí se),
- f) zapálíme hořčíkovou pásku,
- g) přiložíme hořící pásku k hrdlu baňky,
- h) pozorujeme reakci.

Pozorování:

hořčík hoří ve vodní páře ještě intenzivněji než ve vzduchu, plamen podporuje hoření vodíku, který vzniká při reakci hořčíku s vodou.

Závěr: Byl vyvrácen předpoklad o hasících účincích vodní páry a hořčík.

F) Hoření hořčíku v oxidu uhličitém — příprava vyučujícího

Předpoklad:

I. Hořčík nemůže hořet v oxidu uhličitém, který je hasicí prostředek.

Experimentální ověření:

Pomůcky a chemikálie:

hořčíková páska (cca 15 cm), válec naplněný oxidem uhličitým (z bomby nebo připravený reakcí mramoru a kyseliny chlorovodíkové v Kippově přístroji), špejle, kahan, zápalky, kleště.

Pracovní postup:

- a) zapálíme špejli a přiložíme ji k válci s oxidem uhličitým (dojde k uhašení),
- b) zapálíme hořčíkovou pásku a vložíme ji do válce,
- c) pozorujeme reakci.

Pozorování:

Hořčík hoří i v oxidu uhličitém za vzniku bílého oxidu hořečnatého a černého uhlíku.

Závěr: Hořčík hoří i v oxidu uhličitém.

3.4 Metodika činnosti vyučujícího

Metodika činnosti obsahuje komentář vyučujícího, psáno normálním písmem, který během provádění experimentu přednáší žákům. Kurzívou je poté popsána samotná činnost. Žáci svá pozorování zaznamenávají do svých pracovních listů a plní připravené úkoly. Metodika přímo navazuje na část „Příprava experimentu“

A) Vlastnosti kovů – metodika

Motivace

Kovy využíváme už téměř 9 tisíc let pro jejich specifické fyzikální vlastnosti a relativně snadnou zpracovatelnost. Některé kovy jsou také nepostradatelnými biogenními prvky, bez kterých bychom jen těžko přežili. Znáte některé z nich? Doplňte odpověď do svých pracovních listů (A1).

Pracovní postup a komentář

Dokážete vyjmenovat některé obecné vlastnosti kovů? *Ukážeme jednotlivé kovy (železný hřebík a měděný plíšek očištěné brusným papírem a hliníkovou folii).* Všimněte si postupně vlastností železného hřebíku, měděného plíšku a hliníkové folie (alobalu). Zaměřte se na jejich barvy a lesk. Nyní vyplňte tabulku A2 kde uveďte barvu a lesk příslušného kovu. *Zapálíme kahan.* Co se s kovy stane po vložení do plamene kahanu? Rozžhaví se, nebo se pokryjí vrstvou koroze? Mohou kovy hořet? Nebo se s nimi po vložení do plamene nic nestane? Doplňte tabulku A3 v pracovních listech a uveďte co si myslíte, že se s kovy po zahřátí stane. *Kovy uchopíme do chemických kleští a postupně vkládáme do plamene.* Nyní si můžete poznamenat reálné chování kovů do tabulky v části Závěr pozorování.

Výsledky a závěry

K jakým závěrům jsme došli? Porovnejte výsledky svých pozorování s předpokladem z pracovního listu viz. tabulka A3 (diskuze). Byly vaše předpoklady správné? Kovy se v důsledku vystavení plamenu kahanu rozžhaví a mění tak svou barvu se vzrůstající teplotou.

B) Hoření hořčíku ve vzduchu – metodika

Motivace

Co se stane, když hořčík jakožto zástupce kovů alkalických zemin, vložíme do plamene kahanu? Dalo by se předpokládat, že kovy jsou všeobecně považovány za nehořlavé. Jak dobře víte, tak samotné hoření plamenu kahanu probíhá za přítomnosti okolního vzduchu. Bez vzduchu by se tento děj hoření nemohl uskutečnit. Vyplňte úlohu B1, kde označíte složky, které vzduch obsahuje a doplňte i jejich procentuální zastoupení.

Pracovní postup a komentář

K pokusu použijeme hořčíkové piliny, na kterých vidíme, že je hořčík pokryt vrstvou oxidu v důsledku působení vzduchu. *Na keramickou síťku nasypeme 2-3 lžičky hořčíkových pilin a síťku ukážeme žákům (můžeme nechat kolovat). Zapálíme kahan, keramickou síťku položíme na trojnožku. Plamen přiložíme k hořčíku. Co myslíte, že se bude dít? Pozorujte děj a poté zhodnoťte své pozorování vzhledem k předpokládanému chování. Po vznícení hořčíku oddálíme plamen a kov necháme dohořet.* Pozorujeme chemický děj – hoření. Vidíme, že z kovu vznikla docela jiná látka, a to bílý prášek. Nyní doplňte i úlohu B2.

Výsledky

Hořčík hořel pronikavým plamenem. Pronikavého světla se používá například v blesku ve fotoaparátech. Nyní budeme zkoumat, se kterou ze složek vzduchu mohl hořící hořčík reagovat.

Závěr

Kov lze zapálit.

C) Hoření hořčíku v kyslíku — metodika

Motivace

Nyní vyzkoušíme, se kterou ze složek vzduchu mohl hořčík reagovat. Jako první si začneme kyslíkem. Doplňte svůj předpoklad reakce hořčíku s kyslíkem ve vašem pracovním listu.

Pracovní postup a komentář

Před sebou mám baňku naplněnou vzduchem. Pro ověření přítomnosti kyslíku použiji doutnající špejli. *Zapálíme dřevěnou špejli, kterou ihned uhasíme.* Nyní pozorujte, co se bude dít se špejli, když ji vložíme do baňky s kyslíkem. *Vložíme doutnající špejli do baňky.* Vidíme, že se špejle znovu vznítla, tím jsme dokázali přítomnost kyslíku v baňce.

Přítomnost kyslíku jsme ověřili, nyní zkusíme, zda hořící hořčík reaguje s kyslíkem. *Zapálíme hořčíkovou pásku a vložíme ji do baňky.* Co se děje? Vidíme, že hořčík v kyslíku hoří za vzniku nám již známého bílého prášku. Co by to mohlo být za látku? Doplňte úlohu C1. Pro ověření produktu - oxidu hořečnatého použijeme vodu a fenolftalein. *Nalijeme trošku vody do baňky s práškem.* Oxid hořečnatý s vodou reaguje za vzniku hydroxidu, který prokážeme pomocí indikátoru – fenolftaleinu. *Přidáme 4-5 kapek fenolftaleinu.* Vidíme, že roztok zbarvil. Vyřeš úlohu C2.

Závěr

Dokázali jsme, že hořící hořčík reaguje s kyslíkem za vzniku oxidu hořečnatého.

D) Hoření hořčíku se vzdušným dusíkem — metodika

Motivace

Další, a nejvíce zastoupenou, složkou vzduchu je dusík. Bude i dusík reagovat s hořčíkem a to i když víme, že se používá k hašení požáru?

Pracovní postup a komentář

Pracovat budeme se vzdušným dusíkem. Opět zapálíme hořčíkovou páskou a vzniklý prášek podrobíme další analýze. Začneme tím, co už jsme dělali. *Zapálíme hořčíkovou pásku nad třecí miskou a rozetřeme s vodou. Produkt rozdělíme do dvou kádinek.* Už víme a dokázali jsme, že při hoření s kyslíkem, který je nepostradatelnou součástí vzduchu, vzniká oxid. *Do jedné kádinky kápneme fenolftalein a dokážeme oxid.* Vyplňte úlohu D1. Co by mohlo vznikat reakcí s dusíkem, nitrid? Smícháním nitridu a vody by musel vzniknout amoniak, ten identifikujeme čichem. Nyní je čas na úlohu D2. Pro stoprocentní jistotu použijeme Nesslerovo činidlo, které je specifickým indikátorem amoniaku. Při práci s ním dbáme zvýšené opatrnosti, neboť se jedná o jed. *Do druhé kádinky tedy přikápneme Nesslerovo činidlo.* Co se stalo?

Závěr

Vidíme, že hořící hořčík reaguje i s dusíkem, neboť nesporně vzniká nitrid hořečnatý. Vyplňte zbytek úloh D.

E) Hoření hořčíku ve vodní páře — metodika

Motivace

Myslíte, že vodou uhasíme hořící hořčíkovou pásku? A co vlastně můžeme a nemůžeme hasit vodou? Vyplňte otázku E1 a E2.

Pracovní postup a komentář

Začneme tím, že si připravíme vodní páru. *Zahřejeme vodu v topném hnízdě.* Pro důkaz přítomnosti páry v baňce použijeme hořící špejli, která se při kontaktu s vodní parou uhasí. *Zapálíme špejli, a přiložíme ji k hrdlu baňky.* Nyní zkusíme do páry vložit hořící hořčíkovou pásku. *Zapálíme hořčíkovou pásku.* Co se bude dít, uhasí vodní pára hořčík? *Přiložíme hořící pásku s hrdlu baňky.* Vypracujte otázky E3 a E4.

Závěr

Vidíme, že voda hoření hořčíku naopak podporuje a získáváme ještě intenzivnější plamen, a to díky unikajícímu vodíku.

F) Hoření hořčíku v oxidu uhličitém – metodika

Motivace

Už víme, že ani dusík ani voda hořící hořčík neuhasí. Zbývá nám tedy oxid uhličitý, který se používá mimo jiné jako náplň do sněhových hasicích přístrojů. Zodpovězte otázku F1.

Pracovní postup a komentář

Ve válci mám napuštěný oxid uhličitý. Pro důkaz opět použiji hořící špejli. *Do válce s oxidem uhličitým (z bomby nebo připravený reakcí mramoru a kyseliny chlorovodíkové v Kippově přístroji) vložíme zapálenou špejli.* Oxid uhličitý je dusný plyn používaný v hasicích přístrojích, špejli mi tedy uhasí. Na základě tohoto poznatku vyplňte úlohu F2. Nyní vložím do válce hořící hořčík. *Do válce vložíme zapálený hořčík.* Uhasil se plamen? Všimněte si černých skvrn na stěnách nádoby. *Válec můžeme nechat kolovat.*

Závěr

Hořící hořčík tedy reaguje i s oxidem uhličitým, jak za vzniku oxidu hořečnatého (bílý prášek na dně), tak za vzniku uhlíku (černé usazeniny na stěnách válce). Nyní zodpovězte otázku F3.

3.5 Ověření experimentů ve výuce

Výše představené pokusy byly ověřeny se skupinou studentů učitelství na UK PedF. Po provedení série pokusů studenti vyplnili dotazník IMI. Sledovanými položkami byly zájem/poutavost a přínos/užitečnost (viz. Intrinsic Motivation Inventory (IMI), 2014).

Výzkumný vzorek

Chemického experimentu se zúčastnilo 11 studentů učitelství v kurzu Technika školního pokusu. Vzorek tvořili dívky (n=8) a chlapci (n=3) v průměrném věku 21 let.

Hodnocení ověřovaných experimentů

V mém případě jsem jednotlivé položky slovně hodnotila jako pozitivní v případě, že více jak 70% respondentů hodnotilo v rozmezí 6-7. Jako velmi negativní hodnocení považuji individuální ohodnocení položek hodnotou 3 a méně.

Faktor zájem/poutavost hodnotil jeden respondent výhradně negativně a jeden výhradně pozitivně. Většina respondentů považovala experimenty za zábavné, bavilo by je pokusy vykonávat, nenudili se během jejich pozorování, líbili se jim, zaujali je, ale nepřišly všem zas tak velmi zajímavé. Dva z respondentů by vykonávání pokusů nebavilo.

Hodnocení faktoru přínos/užitečnost hodnotili 3 respondenti téměř výhradně pozitivně. Nenašel se žádný respondent, který by hodnotil výhradně negativně. Respondenti vidí prováděné experimenty jako prospěšné, vedou je k zamyšlení a pochopení chemických reakcí, i když není výsledek na první pohled zřejmý. 2 respondenti nepovažují pokusy za důležité a nechtěli by je znovu pozorovat a nepomohli jim ani k lepšímu pochopení chemických reakcí.

Hodnocení pomocí skórování subškál IMI ukázalo, že celkové hodnocení je mírně nadprůměrné. Studenti zájem/poutavost na škále hodnotili 5,7 odpovídající slovnímu ohodnocení spíše pravdivý. Studenti hodnotili přínos/užitečnost s hodnocením 5,6, tudíž také jako spíše pravdivý viz. tabulku 1. Výsledkem našeho šetření bylo, že žáci považují pokusy za poutavé a přínosné pro další studium chemie. Naše šetření také poukázalo na to, že je vhodné se více soustředit na vysvětlení hodnoty a důležitosti prováděných pokusů tak,

aby byly pokusy zajímavé pro všechny posluchače. Pomocí metody IMI byl prokázáno potenciál navržených úloh pro zařazení do výuky.

Tabulka 1. Výsledky měření vnitřní motivace žáků

Škála	Střední hodnota	Sm. odchylka
Zájem/poutavost	5,7	0,28
Přínos/užitečnost	5,6	0,19

4. ZÁVĚR

Předkládaná práce přináší ukázkou zpracování tématu hoření hořčíku do podoby badatelsky orientované výuky. V uvedeném pojetí žáci nebo studenti pracují s pracovními listy, učitel má k dispozici scénář a doporučené komentáře, aby jeho role ve vyučovací jednotce byla skutečně průvodcovská, nikoli explanační.

Tato aktivita je založena na motivaci prostřednictvím *poznání nového* (viz. Beneš, 1999) a neočekávaných výsledcích, které rozšiřují a v některých případech i opravují texty učebnic. V průběhu práce na této aktivitě dochází k aktivizaci přírodovědného myšlení žáků prostřednictvím nutnosti uvažovat o reakci hořčíku se všemi složkami vzduchu. Důkaz vybraných hypotetických produktů reakcí jsou pak dalším krokem ucelujícím téma hoření hořčíku ve vzduchu.

Hlavním přínosem práce je originální zpracování problematiky, které doposud (alespoň v českých učebních textech) nebyla věnována pozornost. Jak vyplývá ze stručné analýzy textů určených pro středoškolskou výuku chemie, téma hoření hořčíku je poněkud upozaděno. Snahou autorky není dále téma rozšiřovat nebo dokonce prosazovat jeho akcentaci v rámcovém vzdělávacím programu. V této práci je předložený model, jak uchopit vybrané téma a jeho prostřednictvím umožnit rozvoj přírodovědné gramotnosti žáků. Dalším přínosem práce je rozpracování experimentální činnosti do podoby pracovního listu pro žáky a scénáře pro učitele. Tento netradiční přístup totiž nabízí možnost posunout badatelskou aktivitu do vyšších stupňů bádání (viz. Banchi & Bell, 2008).

Autorka práce spolu s vedoucím a konzultantem reakce opakovaně ověřila, poté byly předvedeny studentům učitelství chemie v kurzu Technika školního pokusu, kteří byli po vyplnění pracovních listů podrobena dotazníkovému šetření na zjištění jejich zájmu o dané pokusy, jejich přínosu pro další studium a použitelnosti do výuky.

Limity práce spočívají v ověření popisovaných reakcí samotnými žáky středních škol, což může být východiskem pro další pokračování práce na tomto tématu. Nabízí se možnost zkoumání efektivity takto pojaté výuky oproti tradičnímu přístupu. Dalším výzkumným problémem by mohl být samotný rozvoj přírodovědného myšlení (resp. přírodovědné gramotnosti) žáků prostřednictvím takto pojatých experimentálních aktivit.

5. POUŽITÁ LITERATURA

1. Allen, L., Caballero, B., & Prentice, A. (2005). *Encyklopedia of human nutrition*. 2nd. Edition. Amsterdam: Elsevier.
2. Alpers, D.H., Bier, D. M., Stenson, W. F., & Taylor, B. E. (2008). *Manual of nutritional therapeutics*. 5th edition. Philadelphia: Lippincott.
3. Banchi, H., & Bell, R. (2008). The Many Levels of Inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26-29.
4. Beneš, P. (1999). *Reálné experimenty ve výuce chemie*. Praha: UK v Praze Pedagogická fakulta.
5. Beneš, P., Rusek, M., & Kudrna, T. (2015). Tradice a současný stav pomůckového zabezpečení edukačního chemického experimentu v České republice. *Chemické listy*, 109(2), 159-162.
6. Benešová, M., & Satrapová, H. (2002). *Odmaturuj z chemie*. Brno: Didaktis.
7. Bílek, M. (2008). Zájem žáků o přírodní vědy jako předmět výzkumných studií a problémy aplikace jejich výsledků v pedagogické praxi. *Acta Didactica*(2).
8. Bílek, M., & Řádková, O. (2006). Přírodní vědy ve škole – analýza zájmu patnáctiletých žáků ZŠ a gymnázií v České republice. In M. Kocourková (Ed.), *Současné metodologické přístupy a strategie pedagogického výzkumu*, (pp. 29). Plzeň: ZČU.
9. Blažek, R., & Příhodová, S. (2016). *Mezinárodní šetření PISA 2015*. Praha: ČŠI.
10. Boomsna, D. (2008). The magic magnesium. *International Journal of Pharmaceutical Compounding*, 12(4).
11. Bowman, B.A., & Russel, M.R. (2001). *Present knowledge in nutrition*. 8th. edition. Washington, DC.: ILSI Press.
12. BOZP v chemické laboratoři. *Zákony a zásady bezpečnosti práce!*. Portál o bezpečnosti práce (BOZP) a požární ochraně (PO) [online]. Copyright © 2013 [cit. 08.07.2018]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostprace.info/skoleni/bozp-chemicka-laborator/>.
13. Cotton, F. A., & Wilkinson, G. (1973). *Anorganická chemie: souborné zpracování pro pokročilé*. Praha: Academia.

14. Čtrnástová, H., Halbych J., Hudeček J., & Šimová J. (2000). *Chemické pokusy pro školu a zájmovou činnost*. Praha: Prospektrum.
15. Deanová, C. (2016). *Zázrak jménem hořčičk*. Brno: Jota.
16. Deci, E. L., Eghrari, H., Patrick, B. C., & Leone, D. (1994). Facilitating internalization: The self - determination theory perspective. *Journal of Personality*, 62, 119-142.
17. Durlach, J. (2004). From the beginnings to today. *Magnesium Research*, 17(3).
18. Escott-Stump, S., & Mahan, L.K. (2008). *Krause's food & nutrition therapy. 12th. edition*. Canada: Saunders Elsevier.
19. Flemr, V., & Dušek, B. (2001). *Chemie pro gymnázia I. (Obecná a anorganická)*. Praha: SPN.
20. Greenwood, N.N. (1993). *Chemie prvků. 1. díl*. Praha: Informatorium.
21. Housecroft, C. E., & Sharpe, A. G. (2008). *Inorganic Chemistry* (3rd ed.). Prentice Hall.
22. Höffer, G., & Svoboda, E. (2005). Některé výsledky celostátního výzkumu: Vztah žáků ZŠ a SŠ k výuce obecně a zvláště pak k výuce fyziky. In K. Rauner (Ed.), *Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 2*, (pp. 52-70: Západočeská univerzita v Plzni.
23. Hronek, M. (2004). *Výživa ženy v období těhotenství a kojení*. Praha: Maxdorf.
24. Huvarová, M. (2010). *Nejpoužívanější středoškolské učebnice chemie na gymnáziích* (Bakalářská práce). Dostupné z <https://theses.cz/id/bmn3n5/110746-864158640.pdf>.
25. Intrinsic Motivation Inventory (IMI). Self-Determination Theory [online]. 2014 [cit. 2018-26-12]. Dostupné z: <http://www.selfdeterminationtheory.org/intrinsic-motivation-inventory/>
26. Janík, T., Slavík, J., Mužík, V., et al. (2013). *Kvalita (ve) vzdělávání: obsahově zaměřený přístup ke zkoumání a zlepšování výuky*. Brno: Masarykova Univerzita.
27. Janík, T., & Slavík, J. (2007). Vztah obor – vyučovací předmět jako metodologický problém. *Orbis scholae* roč. 1, č. 1, s. 54-66.
28. Jursík, F. (2002). *Anorganická chemie kovů*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.

29. Kainer, K.U. (2003). *Magnesium - Alloys and Technologies. 1st ed.* Weinheim: Wiley – VCH.
30. Koršňáková, P. (2005). Prírodovedná gramotnosť slovenských žiakov a študentov. In Matejovičová, B., Sandanusová, A. (ed.). *Metodologické aspekty a výskum v oblasti didaktík, poľnohospodárskych a príbuzných odborov*. Nitra: FPV UKF, Prírodovedec, č. 171, s. 34-39.
31. Kotlík, B. (2009). *Chemie I, II v kostce pro střední školy*. Praha: Fragment.
32. Kvasničková, A. (1998). *Minerální látky a stopové prvky: esenciální minerální prvky ve výživě*. Praha: ÚZPI.
33. Mareček, A., & Honza, J. (2004). *Chemie pro čtyřletá gymnázia 1. díl*. Olomouc: Nakladatelství Olomouc.
34. Mareš, J., & Gavoda, P. (1999). *Anglicko – český pedagogický slovník*. Praha: Portál.
35. McAuley, E., Duncan, T., & Tammen, V. V. (1989). Psychometric properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a competitive sport setting: A confirmatory factor analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60, 48-58.
36. McKinsey & Company. *Klesající výsledky českého a základního školství: fakta a řešení* [online] 2010 [cit. 2017-10-21] Dostupné z http://www.mckinsey.com/location/prague/work/probono/2010_09_02_McKinsey&Company_Klesajici_vysledky_ceskych_zakladnich_a_stradnich_skol_a_reseni.pdf.
37. Murphy, P. K., Firetto, C. M., & Greene, J. A. (2017). Enriching Students' Scientific Thinking Through Relational Reasoning: Seeking Evidence in Texts, Tasks, and Talk. *Educational Psychology Review*, 29(1), 105-117. doi:10.1007/s10648-016-9387-x.
38. Nechifor, M. (2004). Magnesium influence on nicotine pharmacodependence and smoking. *Magnesium Research*, 17(3).
39. Nováková, Z., & Pucek, R. (2013). Legislation of Handling Chemicals in School Laboratories. *Chemické listy*, 107, (47–475).
40. OECD. (2012). *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework*. Paříž: OECD Publishing.
41. Pachmann, E., & Hofmann, V. (1981). *Všeobecná didaktika chémie*. Praha: SPN.

42. Papáček, M. (2010). Badatelsky orientované přírodovědné vyučování cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa? *Scientia in educatione*, 1(1).
43. Plant, R. W., & Ryan, R. M. (1985). Intrinsic motivation and the effects of self-consciousness, self-awareness, and ego-involvement: An investigation of internally-controlling styles. *Journal of Personality*, 53, 435-449.
44. Rusek, M., Beneš, P., Metelková, I., & Stárková, D. (2016). Hodnocení obtížnosti textu učebnic chemie pro základní školy. *Chemické listy*, 110, 953-958.
45. Rusek, M., Najvar, P., & Slavík, J. (2016). Obsahová konstrukce a didaktické uplatnění přírodovědného edukačního experimentu ve výuce na příkladu chemie, *Empirické studie*.
46. Ryan, R. M., Connell, J. P., & Plant, R. W. (1990). Emotions in non-directed text learning. *Learning and Individual Differences*, 2, 1-17.
47. Ryan, R. M., Koestner, R., & Deci, E. L. (1991). Varied forms of persistence: When free-choice behavior is not intrinsically motivated. *Motivation and Emotion*, 15, 185-205.
48. Ryan, R. M., Mims, V., & Koestner, R. (1983). Relation of reward contingency and interpersonal context to intrinsic motivation: A review and test using cognitive evaluation theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45, 736-750.
49. Seznamy H-vět a P-vět podle nařízení CLP | MPO. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Copyright © 2005 [cit. 06.07.2019]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/chemicke-latky-a-smesi/clp-klasifikace-oznacovani-a-balení/seznamy-h-vet-a-p-vet-podle-narizeni-clp--58129/>.
50. Sharpe, A. G., & Housecroft, C. E. (2014). *Anorganická chemie* (1 ed.). Praha: VŠCHT.
51. Schmaltz, R. M., Jansen, E., & Wenckowski, N. (2017). Redefining Critical Thinking: Teaching Students to Think like Scientists. *Frontiers in Psychology*, 8. doi:10.3339/fpsyg.2017.00459.
52. Steidl, L. (2001). Magnezium donor zdraví a pohody. II.díl. *Interní medicína pro praxi*, 3(5).
53. Steidl, L. (2001). Magnezium donor zdraví a pohody. III.díl. *Interní medicína pro praxi*, 3(6).

54. Stuchlíková, I. (2010). *O badatelsky orientovaném vyuování. In M. Papáček (Ed.), Didaktika chemie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování (DiBi 2010)* (s.129-135). Sborník příspěvků semináře, 25. a 26. března 2010, Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Dostupné z <http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/bi/DiBi2010.pdf>.
55. Škoda, J. (2001). Trendy oblíbenosti chemie během studia na víceletých gymnáziích *Aktuální otázky výuky chemie X*, (pp. 235-240). Hradec Králové: Gaudeamus.
56. Škoda, J., & Doulík, P. (2009). Vývoj paradigmat přírodovědného vzdělání. *Pedagogická orientace*, roč. 19(3), 24-44.
57. Škoda, J., Doulík, P., Bílek, M., & Šimonová, I. (2016). Learning style as a factor influencing the effectiveness of the inquiry-based science education at lower secondary schools. *Journal of Baltic Science Education*, 15(5), 588-601.
58. Tam, M., Gómez, S., González-Gross, M., & Marcos, A. (2003). Possible roles of magnesium on the immune system. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57.
59. TIS – Toxikologické informační centrum. *Klinika pracovního lékařství VFN a 1. LF UK. Legislativa* [online]. [cit. 08.07.2018]. Dostupné z: <https://www.tis-cz.cz/index.php/informace-o-stredisku/legislativa>.
60. Trna, J. (2013). Fyzika: Záhadná setrvačnost těles v jednoduchých experimentech. In T. Janík, J. Slavík, V. Mužík, J. Trna, T. Janko, V. Lokajíčková, J. Lukavský, E. Minaříková, Z. Šalamounová, E. Šebestová, N. Vodňrová & P. Zlatníček (Eds.), *Kvalita (ve) vzdělávání: obsahově zaměřený přístup ke zkoumání a zlepšování výuky* (pp. 284-293). Brno: Masarykova Univerzita.
61. Trtílek, J., Hofmann, V., & Borovička, J. (1973). *Školní chemické pokusy*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
62. Tsigilis, N., & Theodosiou, A. (2003). Temporal stability of the Intrinsic Motivation Inventory. *Perceptual and Motor Skills*, 97, 271-280.
63. Vacík, J. (1999). *Přehled středoškolské chemie*. Praha: SPN.
64. Walti, M.K., Fortunato, G., Hurrell, R.F., Spinass, G.A., Walczyk, T., Weber, M., & Zimmermann, M.B. (2006). Urinary excretion of an intravenous 26Mg dose

- as an indicator of margineal magnesium deficiency in adults. *European Journal of Clinical Nutrition*, 60.
65. White Wolf Consulting. Důvody nezájmu žáků o přírodovědné a technické obory. [online],2009,[cit.2018-05-06]. Dostupné z http://ipn.msmt.cz/data/uploads/portal/Duvody_nezajmu_zaku_o_PTO.pdf.
 66. Wilhelm, Z. (2005). *Úloha hořčíku ve fyziologických funkcích a v nemoci*. (Habilitační práce). Brno: Masarykova univerzita.
 67. Wilhelm, Z. (2007). Co je dobré vědět o hořčíku. *Praktické lékařství*. 3(3).
 68. WHO Enviromental Health Criteria, (2001). *Magnesium*. Geneva: World Health Organization.
 69. Žofková, I., & Němčíková, P. (2008). Stopové prvky a jejich vztah ke kostnímu metabolismu. *Diabetologie, metabolismus, endokrinologie, výživa*, 11(4).

6. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Pracovní listy žáků