

Univerzita Karlova v Praze
Pedagogická fakulta
Katedra chemie a didaktiky chemie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Změna postojů žáků středních odborných škol nechemického zaměření
k chemii prostřednictvím experimentů s využitím ICT

Change of Non-chemical Vocational Schools Students' Attitudes towards
Chemistry with the Use of ICT-supported Experiments

Marie Kintšnerová

Vedoucí práce: PhDr. Martin Rusek, Ph.D.

Studijní program: Specializace v pedagogice

Studijní obor: Chemie – Matematika

2015

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Změna postojů žáků středních odborných škol nechemického zaměření k chemii prostřednictvím experimentů s využitím ICT“ vypracovala pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále prohlašuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Praha 10. 7. 2015

.....

podpis

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu bakalářské práce, panu PhDr. Martinu Ruskovi, Ph.D., za jeho odborné vedení, čas, trpělivost a cenné rady. Dále bych chtěla poděkovat panu prof. RNDr. Pavlu Benešovi, CSc. za jeho odborné konzultace.

Anotace

Tato bakalářská práce se věnuje možnosti využití měřících systémů ve výuce chemie na středních odborných školách nechemického zaměření. Teoretická část pojednává o měřících systémech, zejména o systému Vernier, o podpoře přírodovědného experimentu informačními technologiemi, o výuce chemie jako okrajového předmětu a dále o teorii chemických reakcí. Experimentální část se zabývá ověřením několika pokusů s USB teploměrem a možností jejich využití v hodinách chemie na středních odborných školách nechemického zaměření. Konkrétní aplikace vybraného senzoru je zaměřena na měření tlaku plynu v uzavřené nádobě při reakci kyseliny sírové se zinkem čidlem tlaku Vernier.

Klíčová slova:

střední odborné školy nechemického zaměření, chemický experiment, USB senzory, reakce kyseliny sírové se zinkem, modelové pokusy, USB teploměr, čidlo tlaku

Annotation

This Bachelor thesis deals with the possibilities of measuring systems in chemistry teaching in Non-chemical Vocational Schools. The theoretical part deals with measuring systems, particularly the system of Vernier, on promoting natural science experiment with information technologies, the teaching of chemistry as a marginal subject and the theory of chemical reactions. The experimental part deals with the verification of several experiments with USB thermometer and the possibility of their use in chemistry lessons in Non-chemical Vocational Schools. A concrete use of chosen sensor is focused on measuring gas pressure in a closed vessel during the reaction of sulfuric acid with zinc by pressure sensor Vernier.

Keywords

Non-chemical Vocational Schools, chemistry experiment, USB sensors, reaction of sulfuric acid with zinc, model experiments, USB thermometer, pressure sensor

Obsah

1	Úvod	8
2	Měřicí systémy	10
2.1	PASCO	10
2.2	Conatex	11
2.3	Vernier	11
2.3.1	Teplotní čidlo (Go!Temp).....	11
2.3.2	Senzor pH (PH-BTA).....	12
2.3.3	Bodové teplotní čidlo (STS – BTA).....	12
2.3.4	Elektroda pro měření vodivosti (CON – BTA)	13
2.3.5	Senzor oxidačně-redukčních potenciálů (ORP – BTA).....	14
2.3.6	Termočlánek (TCA – BTA).....	14
2.3.7	Čidlo tlaku plynu (GPS – BTA)	15
2.3.8	Spektrofotometr (SVIS – PL)	16
2.3.9	GO!Link	16
2.3.10	Logger Pro 3	17
2.3.11	Práce s programem Logger Lite	17
2.3.12	LabQuest 2	18
2.4	Virtuální laboratoř.....	18
2.5	Vzdálená laboratoř	19
2.6	Počítačem podporovaný experiment.....	19
3	Výuka chemie jako okrajového předmětu	21
4	Chemické reakce.....	23
4.1	Podmínky průběhu chemické reakce:	23
4.2	Reakční kinetika.....	24

4.3	Faktory ovlivňující rychlost chemické reakce	25
4.3.1	Vliv koncentrace na rychlost chemické reakce	26
4.3.2	Vliv teploty na rychlost chemické reakce	26
4.3.3	Vliv specifického povrchu na rychlosti chemické reakce	27
4.3.4	Vliv talku na rychlost chemické reakce	27
4.3.5	Vliv katalyzátoru na rychlost chemické reakce	27
4.4	Rozpouštění kovů v kyselinách.....	27
5	Vymezení cílů bakalářské práce	29
6	Praktická část	30
6.1	Ověřovací pokusy	30
6.1.1	Tepelná kapacita kalorimetru	30
6.1.2	Krystalizační teplo.....	32
6.1.5	Závěr pro ověřovací pokusy	38
6.2	Využití tlakoměru Vernier při studiu reakce kyseliny sírové se zinkem.....	39
6.3	Možnost využití senzorů ve výuce na střední odborné škole a vysoké škole	46
6.3.1	SOŠ nechemického zaměření	46
6.3.2	Příprava učitelů.....	46
7	Závěr.....	48
8	Seznam informačních zdrojů	51
9	Seznam obrázků.....	54
10	Seznam grafů	55
11	Seznam příloh	56

1 Úvod

Oproti ostatním všeobecně vzdělávacím předmětům má výuka chemie výhodu názornosti při provádění chemických experimentů, které byly do výuky jako didaktická metoda zavedeny již v 2. polovině 19. Století [1]. Chemické pokusy prováděné studenty plně naplňují myšlenku J. A. Komenského předkládat učení na základě důkazu s využitím všech lidských smyslů.

K největšímu rozvoji experimentů ve výuce došlo u nás v 80. letech 20. století, kdy byly školy vybavovány jak pomůckami, tak i chemikáliemi. Podpora byla přímo ve školském systému. Soubory pomůcek byly vyvíjeny ve spolupráci s didaktiky chemie a distribuovány se státní podporou několika výrobními závody [2].

Když podpora státu v 90. letech skončila, na školách se pracovalo jen s vybavením a chemikáliemi, které na školách zbyly. Bohužel pomůcky se časem opotřebovaly či přímo rozbily a chemikálie postupně došly. Experimenty pomalu začaly mizet z hodin chemie [1]. Naštěstí s rozvojem audiovizuální techniky se sledování pokusů studenty mohlo uskutečnit prostřednictvím videa (později DVD). Výhodou tohoto posunu v technice bylo, že studenti mohli vidět experimenty, které se během výuky nedají provádět z bezpečnostních důvodů nebo nedostupnosti chemikálií.

Vývoj technologií na začátku 21. století šel ještě dál. Na trhu se objevily měřicí systémy, které jsou propojeny s počítačem, což nám umožňuje sbírat více dat najednou než dosud.

Zájem žáků o chemické experimenty je třeba podchytit hned na počátku výuky chemie, což bývá nejčastěji v 8. ročníku ZŠ (resp. v komplementárním ročníku nižšího stupně víceletých gymnázií). První 2-3 měsíce výuky je chemie pro žáky nová, přitažlivá, velmi je baví a s nadšením přijímají chemické experimenty, neboť pro ně představují něco dosud nepoznaného a zažívají při nich i podobné pocity jako jejich učitel, který experiment provádí – tedy určitou míru vzrušení, „adrenalinu“ i zvědavosti, jak to všechno vlastně dopadne a co se vlastně stane. Právě v tomto období by měl být školní chemický experiment dominující reprezentací učiva [3].

„Mezi trendy, které se konečně ve větší míře u nás na školách objevují, patří výuka přírodních věd podpořená či přímo založená na školních experimentálních měřicích systémech.“[4] Tato zařízení jsou v současné době již dostupnější. Čeští dodavatelé školám nabízejí řadu pomůcek a souprav zahraničních výrobců.

Ve své práci jsem se zaměřila na ověření již existujících sepsaných pokusů s těmito přístroji a jejich možnosti zařazení do výuky chemie na středních odborných školách (SOŠ) nechemického zaměření. Dále také i na praktické využití konkrétního přístroje k objasnění překvapivého a problémového průběhu reakce.

2 Měřicí systémy

Měřicí systémy slouží jako kompletní základna pro provádění experimentů ve výuce přírodních věd. Pro všechny přírodovědné předměty existují nejen specializované sady měřících sond, senzorů a experimentálního příslušenství, ale také vypracované školní experimenty. Tyto systémy umožňují měřit velké množství veličin, jak z fyziky, tak z chemie i biologie. Cílem práce s měřicími systémy je ukázat žákům nebo studentům, co se ve světě kolem nich děje a to vše zaznamenat v reálném čase. Veškeré výsledky měření jsou viděny buď formou číselného záznamu, grafem nebo jsou zpracovány do tabulky. Žáci tak mají lepší šanci, že celý proces daného experimentu pochopí [5].

2.1 PASCO

„Společnost PASCO vyrábí již více než 40 let kompletní vybavení pro experimentální výuku přírodních věd. Svými vysoce kvalitními technologickými nástroji a neustálým vývojem výukových systémů a vzdělávacích materiálů podněcuje PASCO zájem o přírodní vědy, inspiruje studenty i jejich pedagogy a propaguje aplikovanou vědu v hodinách fyziky, biologie, chemie, nebo environmentální výchovy. Pro všechny tyto předměty má PASCO nejen specializované sady měřících sond, senzorů a experimentálního příslušenství, ale také vypracované školní experimenty, včetně metodiky vedení seminářů pro lektory. (Tyto jsou k dispozici jak v českém, tak i v anglickém jazyce.)“ [5].

Některé vybrané přístroje, které firma nabízí: pH senzor, nerezová teplotní sonda, bezdrátový spektrometr PASCO, senzor absolutního tlaku a teploty, dvouvstupý tlakový senzor, USB Link a další.



Obrázek 1 Nerezová teplotní sonda – PASCO, zdroj: <http://www.pasco.cz/produkty/nerezova-teplotni-sonda>

2.2 Conatex

Firma již více než deset let nabízí širokou nabídku učebních pomůcek pro výuku přírodovědných předmětů. Conatex nabízí například žákovské kufříky, sady pro chemickou analýzu, molekulové modely, sady pro elektrochemii, Labdisc (bezdrátová jednotka s vestavěnými až 12 senzory) a mnoho dalších pomůcek pro jiné přírodovědné předměty [6].



Obrázek 2 Molekulové modely – CONATEX, zdroj: <http://www.pierron.cz/conatex/ucebni-pomucky-chemie.php?pg=378&pd=1113267&uev=detailsView>

2.3 Vernier

Velmi podobný typ senzorů i jejich využití nabízí i firma Vernier. Senzory a další vybavení využívá jiné rozhraní než produkty od PASCO. Rozdíl je i v softwaru vyhodnocujícím data ze senzorů. Vernier pokrývá experimentální pomůcky pro fyziku, chemii i biologii, zaměřuje se i na vybavení pro pokusy prováděné mimo školní třídu. Poskytuje také akreditované školení a technickou i metodickou podporu [1,7,8].

Protože katedra chemie a didaktiky chemie disponuje několika přístroji od firmy Vernier, věnovala jsem jim ve své práci více pozornosti¹.

2.3.1 Teplotní čidlo (Go!Temp)

Jedná se o čidlo s rozsahem -20 až 110 °C připojitelné rovnou k počítači přes USB port. Součástí produktu je i software Logger Lite™.

Technická data:

- připojuje se k počítači přes USB port (verze 1.1)
- měří v rozsahu od -20 °C do 115 °C

¹ Všechny níže uvedené senzory, obrázky a informace o nich jsou dostupné na stránkách www.vernier.cz/produkty/senzory

- spolehlivě odolné až do teploty 150 °C
- přesnost $\pm 0,5$ °C
- rozlišení 0,07 °C



Obrázek 3 USB teploměr - Vernier

Některá možná použití:

- tepelná kapacita kalorimetru
- tepelné zabarvení chemických reakcí
- tepelné změny chladicí směsi

2.3.2 Senzor pH (PH-BTA)

Čidlo kyselosti použitelné nejen v chemických experimentech. Čidlo obsahuje elektrodu z $Ag/AgCl$ a vytváří výstupní napětí, které se mění s kyselostí prostředí. Pro pH rovno 7 je toto napětí 1,75 V, jeho přírůstek o 0,25 V odpovídá úbytku pH o 1 (analogicky úbytek o 0,25 V představuje přírůstek pH o 1).

Technická data:

- Rozsah: 0 - 14 pH
- Citlivost: 0,005 pH
- Provozní teplota: 5 °C až 80 °C
- Možnost uložení kalibrace přímo do senzoru (není tak potřeba řešit kalibrování znovu a znovu).

Některá možná použití:

- sledování změn kyselosti během chemických reakcí, typicky např. při titraci
- studium kyselin a zásaditých roztoků včetně těch nejdostupnějších (např. ocet)
- studium kyselých dešťů
- sledování kvality vodních zdrojů

2.3.3 Bodové teplotní čidlo (STS – BTA)

Teplotní čidlo pro kontaktní měření teploty v jednom bodě. Díky malému objemu má teploměr rovněž malou tepelnou kapacitu, proto reaguje rychle a téměř neovlivňuje

teplotu zkoumaného vzorku. Tento teploměr je vhodný například pro monitorování rozložení teploty v nádobě s horkou vodou (v důsledku různé hustoty teplé a studené vody dochází k rozvrstvení).

Technická data:

- Maximální teplota, kterou vydrží bez poškození 150 °C
- Rozlišení: 0,08 °C (-25 °C až 0 °C)
0,03 °C (0 °C až 40 °C)
0,1 °C (40 °C až 100 °C)
0,25 °C (100 °C až 125 °C)
- Přesnost: $\pm 0,2$ °C při 0 °C, $\pm 0,5$ °C při 100 °C



Obrázek 4 Bodové teplotní čidlo - Vernier

2.3.4 Elektroda pro měření vodivosti (CON – BTA)

Tato elektroda je určena k měření elektrické vodivosti vodných roztoků a je vybavena automatickou teplotní kompenzací při teplotách v rozsahu 5 až 35 °C. Senzor měří schopnost přenosu iontů mezi dvěma elektrodami (elektrickou vodivost); vyšší koncentrace iontů v roztoku znamená vyšší elektrickou vodivost. Ze známých parametrů sondy (velikost a vzdálenost elektrod) je poté určena měrná elektrická vodivost roztoku.

Technická data:

- Rozsahy měření: 0-200 $\mu\text{S/cm}$, 0-2000 $\mu\text{S/cm}$ a 0-20 000 $\mu\text{S/cm}$
- Odpovídající citlivost: 0,1 $\mu\text{S/cm}$, 1 $\mu\text{S/cm}$ a 10 $\mu\text{S/cm}$.
- Přesnost: 1 % z rozsahu.

Některá možná požití:

- studium závislosti vodivosti na koncentraci roztoku
- studium závislosti vodivosti na teplotě roztoku
- sledování průběhu chemických reakcí
- konduktometrická indikace bodu ekvivalence při acidobazické titraci

2.3.5 Senzor oxidačně-redukčních potenciálů (ORP – BTA)

Senzor oxidačně-redukčních potenciálů měří schopnost roztoku být oxidačním či redukčním činidlem. Senzor se skládá ze dvou částí - platinové elektrody a referenční elektrody z *Ag/AgCl*. Čidlo měří rozdíl potenciálů mezi těmito dvěma elektrodami. Kladné hodnoty rozdílu potenciálů vykazují oxidační činidla, záporné hodnoty činidla redukční.

Technická data:

- Rozsah: -450 až 1100 mV
- Citlivost: 0,5 mV
- Čidlo lze používat v teplotním rozsahu 0 °C až 60 °C.



Obrázek 5 Senzor oxidačně-redukčních potenciálů - Vernier

Některá možná použití:

- měření oxidačních schopností chlóru v bazénu
- stanovení bodu ekvivalence při oxidačně-redukčních reakcích - typicky např. při titraci
- studium schopnosti látek vstupovat do chemických reakcí jako oxidační nebo redukční činidla

2.3.6 Termočlánek (TCA – BTA)

Jedná se o odolné čidlo určené k orientačnímu měření teploty v širokém rozsahu hodnot. Termočlánek se skládá ze dvou různých kovových vodičů, jež jsou na obou koncích svařeny. Držíme-li oba svařené konce na různých teplotách, vzniká mezi nimi elektrické napětí. U každého vodiče má termoelektrické napětí jinou velikost v závislosti na použitých materiálech. Ze znalosti materiálu použitých vodičů a rozdílu těchto napětí lze pak určit měřenou teplotu.

Technická data:

- Rozsah: -200 °C až 1400 °C
- Citlivost: 0,40 °C



Obrázek 6 Termočlánek - Vernier

- Přesnosti:

v teplotním intervalu -200 °C až 0 °C : $\pm 5\text{ °C}$

v teplotním intervalu 0 °C až 900 °C : $\pm 2,2\text{ °C}$

v teplotním intervalu 900 °C až 1400 °C : $\pm 15\text{ °C}$

Některá možná použití:

- Je teplejší plamen Bunsenova kahanu, nebo obyčejné svíčky?
- V které části plamene je nejvyšší teplota a jaká?
- Jak horká je plotna kamen, sklokeramická deska, spirála vařiče?
- Studium teploty tání nejrůznějších pevných látek (měď, cín, bizmut a další).
- Určení teploty kapalného dusíku.

2.3.7 Čidlo tlaku plynu (GPS – BTA)

Čidlo tlaku plynu umožňuje svým rozsahem většinu běžných fyzikálních, chemických a biologických experimentů. Měřenou veličinou je absolutní tlak. Součástí je doplňková sada pro tlakové čidlo (stříkačka se závitem, hadička a podobně). Čidlo obsahuje membránu, na jejíž jedné straně je vakuum, druhá strana je volně spojena s okolím (vzduchem). Změny tlaku (např. při připojení a stlačení injekční stříkačky) způsobují prohýbání membrány, které je převáděno na napětí. Napětí se lineárně mění s absolutním tlakem.

Technická data:

- Rozsah: $0 - 210\text{ kPa}$;
- Citlivost: $0,06\text{ kPa}$

Některá možná použití:

- studium závislosti mezi teplotou a tlakem
- studium závislosti mezi objemem a tlakem
- určování hydrostatického tlaku v kapalině
- změny atmosférického tlaku s výškou



Obrázek 7 Čidlo tlaku - Vernier

- měření tlaku (nejen) vodních par při různých chemických reakcích

2.3.8 Spektrofotometr (SVIS – PL)

Přenosný spektrofotometr a fluorimetr sloužící k měření absorbance, transmitance, fluorescence a emisního spektra. Novinkou je kromě většího rozsahu a lepšího rozlišení přítomnost dvou excitačních zdrojů pro fluorescenci (405 nm a 500 nm).

Technická data:

- Rozsah: 380 nm – 950 nm
- Rozlišení: 1 nm
- Přesnost: ± 3 nm při 650 nm, ± 7 nm při 450 nm
- Rychlost proměření celého spektra: cca 2 s
- Vlnové délky excitačních zdrojů pro fluorimetrii: 405 nm a 500 nm
- Rozměry: 15 cm \times 9 cm \times 4 cm



Obrázek 8 Spektrofotometr - Vernier

Některá možná použití:

- proměření absorpčního spektra různých roztoků (závislost absorbce na vlnové délce)
- studium Beerova zákona (závislost absorbce na koncentraci zkoumaného roztoku)
- proměření emisních spekter různých světelných zdrojů (LED, zářivky, výbojky, plamenové zkoušky...)

2.3.9 GO!Link

Rozhraní umožňuje připojení senzorů k počítači přes USB port. Go!Link podporuje senzory s analogovým rozhraním (xxx-BTA). Pro mnohé experimenty s počítačem je Go!Link naprosto dostačující. Pokud je potřeba připojit více analogových senzorů, lze k počítači připojit více rozhraní Go!Link současně.

Technická data:

- připojuje se do USB portu
- vzorkovací frekvence až 200 Hz
- rozlišení 12 bitů
- součástí je software Logger Lite pro Windows a Macintosh
- lze k počítači připojit více Go!Linků současně (a měřit tak například zároveň teplotu a tlak)



Obrázek 9 GO!Link - Vernier

2.3.10 Logger Pro 3

Jedná se o multilicenci programu Logger Pro pro celou školu, všechny její zaměstnance i studenty (včetně domácích počítačů). K rozhraním Vernier a ke Go! sensorům je zdarma mírně zjednodušená verze Programu Logger Pro zvaná Logger Lite. Placená verze (Logger Pro) má více nástrojů pro analýzu, zobrazování a zpracování dat. Programy Logger Pro i Logger Lite jsou navrženy tak, aby bylo možné pomocí nich účinně vést školní experimenty, promítat dataprojektorem aktuální hodnoty, tabulky, grafy atd. a vše zaznamenávat do počítače pro další zpracování – to je možné provádět pomocí sofistikovaných nástrojů přímo v Logger Pro/Lite, případně lze data přetáhnout například do Excelu. Je-li počítač s Logger Pro připojen do místní počítačové sítě či k internetu, dokáže online vysílat měřená data, která pak lze vzdáleně zpracovávat na tabletech, chytrých telefonech či noteboocích.

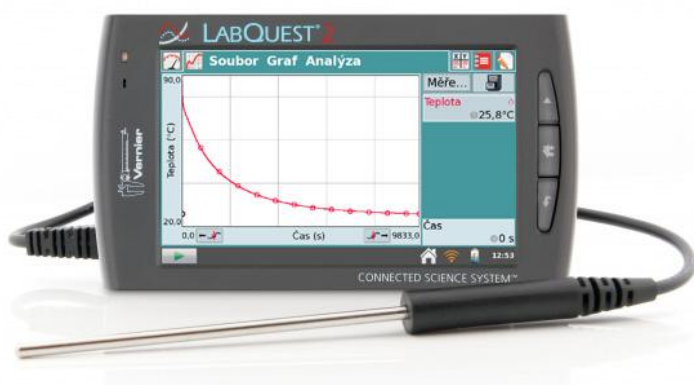
2.3.11 Práce s programem Logger Lite

Při zapojení jakéhokoli zařízení Vernier k počítači jej program okamžitě rozpozná a připraví prázdný graf, pro zaznamenání trendu vývoje naměřených hodnot, a tabulku Excelu, pro zaznamenání naměřených hodnot. Program je automaticky nastavený na dobu měření 180 s a vzorkovací frekvenci 2krát za sekundu (*osa x*). Toto nastavení lze změnit vybráním možnosti *Experiment – Sběr dat* nebo je možné jej přenastavit z měření časové závislosti na *Události se vstupy* a (např. pro měření *pH*) *počet kapek*. Měření se spustí zeleným tlačítkem start. Další možností úprav je *Automatické měřítko*, které přizpůsobí velikost měřítka (*osa y*) naměřeným

hodnotám. *Odečet hodnot* slouží k vytvoření kolmé přímky k ose x , kde v průsečíku vytvořené přímky s vykresleným grafem závislosti, ukáže hodnotu odpovídající místu v grafu a uplynulý čas od počátku měření.

2.3.12 LabQuest 2

Vernier LabQuest 2 je samostatné rozhraní používané pro sběr dat pomocí vestavěných grafických a analytických aplikací. Velikost a vysoké rozlišení dotykové obrazovky z něj dělá jednoduché a intuitivní zařízení pro sběr, analýzu a dělení dat z experimentu. Bezdrátové propojení podporuje spolupráci a osobní učení při práci s naměřenými hodnotami. LabQuest 2 lze rovněž připojit jako USB senzor do počítače např. s programem Logger Pro nebo může komunikovat s dalšími zařízeními, jako jsou tablety, chytré telefony a další [9].



Obrázek 10 LabQuest 2 - Vernier

2.4 Virtuální laboratoř

Virtuální laboratoř umožňuje provádět počítačové simulace různých experimentů. Uživatel u nich může interaktivně měnit různé parametry pozorovaných fyzikálních dějů a pracovat s daty, která nemá možnost sám naměřit. Mnoho virtuálních laboratoří je vystavěno na základě apletů napsaných v jazyce Java. Přibývají ale i nové virtuální laboratoře, které jsou tvořeny animacemi a simulacemi v jazyce Flash. Ať je však programovací jazyk jakýkoliv, základní myšlenka zůstává vždy stejná: aplety a simulace je možné prohlížet pomocí webovského prohlížeče a změnami parametrů

demonstrovaného děje zasahovat do jejich průběhu. Uživatel má možnost zadávat a změnit hodnoty fyzikálních veličin (přímo napsáním čísla, popotažením ukazatele, atd.), různě natáčet a přibližovat pohled na demonstrováný jev, zpomalovat, zastavovat či krokovat a vracet časový průběh děje a jeho zobrazení [10].

2.5 Vzdálená laboratoř

Vzdáleně řízená internetová laboratoř obsahuje reálné experimenty, které je možné ovládat prostřednictvím svého internetového prohlížeče. Uživateli umožňuje přístup k aktuálním informacím ze vzdálených či nedostupných míst a přístrojů, které provádějí vlastní, jím neovlivněná pozorování a měření. Vzdálená laboratoř umožňuje prostřednictvím internetu provést připravený pokus, u kterého uživatel může volit vlastní parametry. Naměřená data pak lze obdržet třeba emailem. Někdy je možné i online sledovat průběh pokusu. Provoz vzdálených laboratoří je velice náročný, a proto jich po počátečním rozmachu před několika lety nyní výrazně ubylo. Pokud fungují, jsou většinou uzavřené a slouží pouze pro studenty dané školy [10].

2.6 Počítačem podporovaný experiment

Z hlediska vývoje metodiky výuky chemie má velký význam počítačová podpora empirických (pozorování, měření a experiment) a teoretických (modelování) nástrojů chemického/přírodovědného poznávání. V přírodovědné výuce by měl být brán zřetel hlavně na to, aby využití počítače a dalších digitálních technologií nebylo samoúčelné. Počítač by neměl být používán tzv. „sám pro sebe“, ale měl by sloužit jako didaktický prostředek k objasňování a prohlubování získávaných poznatků s důrazem na zvýšení efektivity dané vyučovací metody. Pozorování, měření a experiment na jedné straně a modelování na straně druhé by tak měly být hlavními oblastmi počítačové podpory výuky přírodovědných předmětů. Aplikace počítače při podpoře přírodovědného experimentu přichází v úvahu ve dvou základních oblastech:

- počítačové zpracování dat jako základ pro modelování přírodovědných jevů
- počítačové zpracování dat jako základ pro přímé spojení experimentu s počítačem.

Reálným spojením chemického experimentu s počítačem je použití měřících systémů, tj. využití počítače ke snímání, uchování a zpracování měřících se hodnot fyzikálních veličin a jako řídicího média při automatizaci experimentální činnosti. K nutnosti začít využívat měřící systémy ve škole vedou hlavně následující důvody: přímá podpora experimentální činnosti, použití počítačů v automatizovaných systémech řízení technologických procesů výroby, osvojení si metod získávání informací a jejich zpracování pomocí počítače a jeho periférií a také náhrada mnoha drahých laboratorních přístrojů [11].

3 Výuka chemie jako okrajového předmětu

V posledních deseti letech prošlo české školství rozsáhlou reformou. Hlavní změnou je tvorba nových dokumentů – rámcových vzdělávacích programů (RVP). Vzhledem k rozmanitosti oborů vzdělávání na středních odborných školách od listopadu 2012 existuje 280 RVP pro obory středního odborného vzdělávání [13]. V nich je vzdělání rozděleno na odbornou část, která je typická pro konkrétní obor, a na část všeobecnou, která je společná pro všechny obory. Do všeobecného vzdělávání patří i výuka přírodních věd (fyzika, chemie a biologie).

„Cílem přírodovědného vzdělávání je především naučit žáky využívat přírodovědných poznatků v profesním i občanském životě, klást si otázky o okolním světě a vyhledávat k nim relevantní, na důkazech založené odpovědi. Přírodovědné vzdělávání může škola realizovat buď v samostatných vyučovacích předmětech, nebo integrovaně v závislosti na charakteru oboru a podmínkách školy.“ [14].

Na SOŠ nechemického zaměření se přírodovědné předměty vyučují méně než 7 hodin týdně. Z výzkumu provedeného v roce 2011 vyplývá, že postoje žáků SOŠ nechemického zaměření k chemii jsou spíše negativní. Až 40 % studentů přicházejících na SOŠ nemá představu o tom, co je chemie a čím se zabývá. Jenom méně než 5 % žáků předmět chemie na základní škole bavila [12].

Důležitým výsledkem výzkumu [12] je oblíbenost školního experimentu. Téměř polovina dotazovaných žáků uvedla, že je experimenty na ZŠ bavily. Otázkou interpretace tohoto výsledku je důvod zájmu žáků. Experiment totiž může znamenat pouhé zpestření a zdržení hodiny. Provádění školních experimentů by mělo být nedílnou součástí výuky chemie. Motivovat žáky vhodně provedeným školním pokusem je však v podmínkách některých SOŠ poměrně problematické. Podle výsledků orientačního výzkumu [15] je zřejmé, že jen méně než polovina SOŠ, které se průzkumu zúčastnily, má k dispozici chemikálie, které jsou potřebné pro školní pokusy v rámci témat probíraných na těchto školách. Provozní schopná laboratoř je přibližně u čtvrtiny SOŠ, ale jedná se především o obory zakončené maturitou, obory

zaměřené na přírodovědné vzdělávání a SOŠ spojených s gymnáziem či vyšší odbornou školou (VOŠ) [15].

Nedostatek chemikálií a specializovaných učeben mohou učitelé řešit možností využití ICT. Existují již natočená videa s pokusy nebo se různé experimenty dají v současné době nalézt i na internetu. Pokud k dispozici chemikálie jsou, může učitel provádět pokusy sám v hodině. Měřicí senzory jsou vhodným prostředkem, jak žákům experiment zprostředkovat. Sledováním průběhu jednoduchých reakcí (např. vývoje teploty) rozvíjí jejich přírodovědné myšlení a utváří i lepší postoje k životnímu prostředí. Využití ICT není dnes již problémem, neboť vybavenost SOŠ počítačovou učebnou, dataprojektorem či interaktivní tabulí je vyšší než 70 % [15].

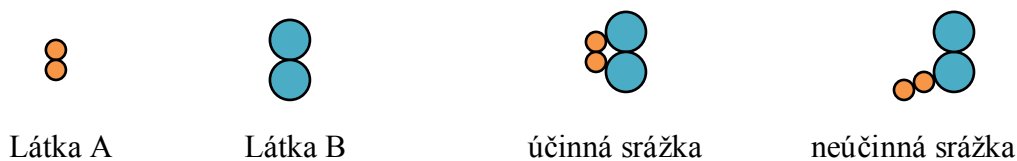
Žáci, kteří odcházejí ze ZŠ, si vybírají obory dalšího vzdělání podle svých zájmů a schopností. Právě proto, že si vyberou studium na SOŠ nechemického zaměření, dávají signál k tomu, že chemie nebyla jejich oblíbeným předmětem. Někteří se možná domnívají, že se chemii na této škole vyhnou. To velmi ovlivní postoj k předmětu hned na počátku studia na střední škole. Právě to by si měl učitel uvědomit a motivovat žáky jednoduchými školními experimenty, protože pouhá frontální výuka, která v českém školství dominuje, nemá takovou efektivitu, jelikož je pro takové studenty nezajímavá až nudná. Navíc propojení experimentů s ICT technologiemi motivaci žáků ještě umocní, protože o tyto technologie se zajímají již od útlého dětství.

4 Chemické reakce

4.1 Podmínky průběhu chemické reakce:

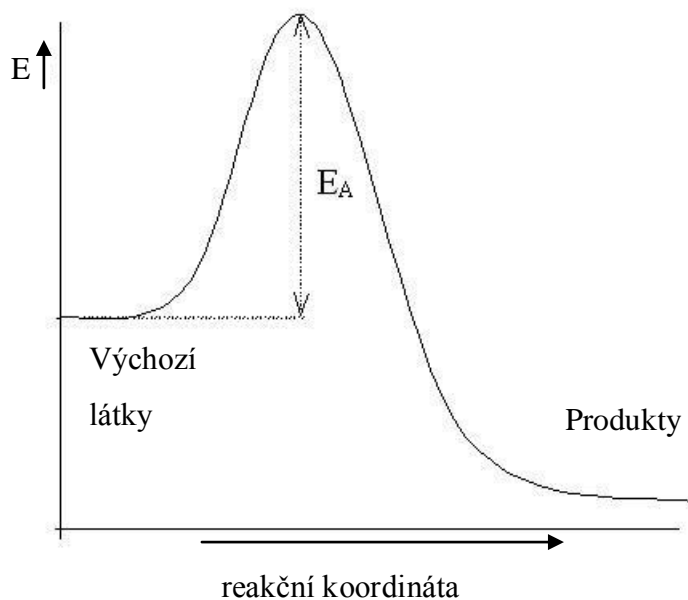
Bylo vyvozeno několik teorií popisujících průběh chemické reakce, starší je *teorie aktivních srážek*. Podmínkami pro uplatnění této teorie je plynné skupenství reagujících částic a efektivní srážka. K účinné srážce může dojít, jsou-li částice:

a) vhodně prostorově uspořádány:



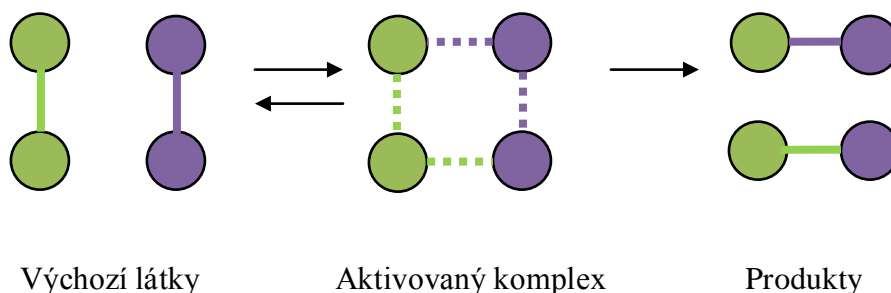
Obrázek 11 Teorie aktivních srážek, zdroj: autor

b) částice mají dostatečnou kinetickou energii: minimální energii, kterou musí částice mít, aby došlo k účinné srážce – *aktivační energii* E_A [16]



Obrázek 12 Aktivační energie, zdroj: autor

Teorie aktivních srážek, jak plyne z podmínek pro její uplatnění, má jistá omezení, a proto se přišlo s *teorií aktivovaného komplexu*. Při postupném přibližování molekul se oslabují původní vazby v molekulách výchozích látek a současně se začínají vytvářet nové vazby mezi atomy různých molekul. Životnost aktivovaného komplexu se pohybuje ve zlomcích sekund.[16]



Obrázek 13 Aktivovaný komplex, zdroj: autor

4.2 Reakční kinetika

Reakční kinetika je obor zabývající se časovým průběhem chemické reakce [17,18]. Rychlostí chemické reakce je myšlena změna látkového množství jedné z reakčních složek za krátký časový úsek dělená stechiometrickým koeficientem vyčíslené chemické reakce (jedná se o okamžitou reakční rychlost J). Protože rychlost považujeme vždy za kladnou veličinu, píšeme záporné znaménko před výchozí látkou reakce a znaménko kladné před produktem reakce. Pro teoretickou rovnici reakcí 2 výchozích látek za vzniku 2 produktů, tedy



kde látky A, B jsou výchozími látkami, látky C, D jsou produkty a a , b , c , d jsou stechiometrické koeficienty vyčíslené reakce, platí

$$J = -\frac{1}{a} \cdot \frac{dn_A}{dt} = -\frac{1}{b} \cdot \frac{dn_B}{dt} = +\frac{1}{c} \cdot \frac{dn_C}{dt} = +\frac{1}{d} \cdot \frac{dn_D}{dt} \quad (2)$$

Jelikož takto zvolená rychlost reakce je však závislá na velikosti reakčního systému, zavedeme reakční rychlost v jednotce objemu, kterou označíme v . Pro naši zvolenou rovnici pak platí vztahy

$$v = -\frac{1}{a} \cdot \frac{1}{V} \cdot \frac{dn_A}{dt} = -\frac{1}{b} \cdot \frac{1}{V} \cdot \frac{dn_B}{dt} = +\frac{1}{c} \cdot \frac{1}{V} \cdot \frac{dn_C}{dt} = +\frac{1}{d} \cdot \frac{1}{V} \cdot \frac{dn_D}{dt} \quad (3)$$

a protože dn_A/V , dn_B/V , dn_C/V a dn_D/V označují změnu látkové koncentrace jednotlivých složek systému, můžeme každý ze zlomků nahradit změnou jeho koncentrace a označit [A], [B], [C] a [D]. Pak rovnosti přepíšeme

$$v = -\frac{1}{a} \cdot \frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b} \cdot \frac{d[B]}{dt} = +\frac{1}{c} \cdot \frac{d[C]}{dt} = +\frac{1}{d} \cdot \frac{d[D]}{dt} \quad (4)$$

Rychlost reakce se s přibývajícím časem mění, protože se mění i koncentrace zúčastněných látek. Definujeme-li okamžitou rychlost vztahem

$$v_A = -\frac{d[A]}{dt} \quad (5)$$

je nutné označit, pro kterou látku je rychlost reakce myšlena (tedy místo v píšeme v_A), protože platí

$$\frac{d[A]}{d[B]} = \frac{a}{b} \quad (6)$$

a tedy i

$$\frac{v_A}{v_B} = \frac{a}{b} \quad (7)$$

[17,18].

4.3 Faktory ovlivňující rychlost chemické reakce

Pro podrobněji studovanou reakci hrají faktory ovlivňující chemickou reakci klíčovou úlohu. Rychlost chemické reakce lze ovlivnit několika způsoby:

- koncentrací
- teplotou
- velikostí vztyčné plochy
- tlakem
- katalyzátorem [16]

4.3.1 Vliv koncentrace na rychlost chemické reakce

Zkoumáním rychlosti průběhu chemických reakcí v reálných systémech zjišťujeme, že rychlost reakce bývá nejčastěji závislá na koncentraci výchozích látek a že se v průběhu reakce mění úměrně změnám těchto koncentrací [17,18].

Obvykle experimentálně prokážeme, že závislost reakční rychlosti v na koncentracích výchozích látek je typu (pro uvedenou obecnou rovnici)

$$v = k \cdot [A]^{\alpha} \cdot [B]^{\beta} \quad (8)$$

Konstanta k je tzv. *rychlostní konstanta* reakce; exponent α se nazývá *reakční řád komponenty A* a exponent β se nazývá *reakční řád komponenty B*. Součet $\alpha + \beta$ označujeme jako *celkový řád reakce*. Reakční řád určité komponenty může mít i nulovou hodnotu. V takovém případě reakční rychlost v na koncentraci této látky nezáleží.

Rychlost reakce je závislá na počtu srážek molekul A a B, tedy počtu srážek, které v systému mezi těmito molekulami nastávají. Je zřejmé, že počet těchto srážek je tím větší, čím je větší koncentrace těchto látek, a tedy je úměrný součinu mocnin těchto koncentrací.

Exponenty α a β mohou, ale nemusí být shodné se stechiometrickými koeficienty a a b reakční rovnice [17,18].

4.3.2 Vliv teploty na rychlost chemické reakce

Rychlostní konstanta je závislá na teplotě. Bylo zjištěno, že tato závislost je nejčastěji typu

$$k = Z \cdot e^{-\frac{E_A}{RT}} \quad (9)$$

Tento vztah bývá nazýván jako *Arrheniova rovnice*, kde E_A značí aktivační energii, R je univerzální plynová konstanta, T je termodynamická teplota a Z je tzv. *frekvenční faktor*, tj. konstanta vyjadřující složenou pravděpodobnost srážky molekul s takovou prostorovou orientací, aby srážka byla efektivní a aby došlo k reakční změně.

Pokud reakce probíhá za konstantní teploty, je její rychlost přímo úměrná součinu jejich okamžitých koncentrací výchozích látek

$$v_1 = k_1 \cdot [A]^a \cdot [B]^b \quad (10)$$

$$v_2 = k_2 \cdot [C]^c \cdot [D]^d \quad (11)$$

kde v_1 je rychlost reakce přímé, k_1 je rychlostní konstanta reakce přímé, v_2 je rychlost reakce zpětné a k_2 je rychlostní konstanta zpětné reakce [17,18].

4.3.3 Vliv specifického povrchu na rychlosti chemické reakce

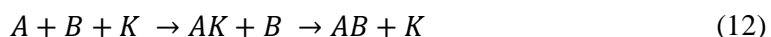
Obsah plochy reaktantů je rovněž faktorem, který ovlivňuje rychlost chemické reakce. Čím má výchozí látka větší specifický povrch, tím probíhá reakce rychleji [16].

4.3.4 Vliv tlaku na rychlost chemické reakce

Změna tlaku ovlivňuje rychlost chemické reakce pouze u reakce plynů. Jde o vliv koncentrace reaktantů, neboť zvýšením tlaku docházím ke zvýšení koncentrace plynu a tím i k urychlení chemické reakce [16].

4.3.5 Vliv katalyzátoru na rychlost chemické reakce

Mnoho chemických reakcí by za normálních podmínek neprobíhalo vůbec nebo jen velmi pomalu. Proto se používají látky zvané *katalyzátory*, které průběhu těchto reakcí napomáhají. Po ukončení chemické reakce zůstávají ve svém původním stavu. Průběh katalyzované chemické reakce je možné obecně vyjádřit:



kde A a B jsou výchozí látky a K je katalyzátor reakce. Rozlišujeme katalýzu *homogenní* a *heterogenní* dle toho, zda jsou reaktanty s katalyzátorem ve stejném či rozdílném skupenství. Existují také látky, které průběh chemické reakce zpomalují tzv. *inhibitory* (negativní katalyzátory). V živých organismech jsou přítomny látky katalytického účinku nazývané enzymy (biokatalyzátory) [16].

4.4 Rozpouštění kovů v kyselinách

Pro studium reakce je dále důležitá teorie rozpouštění kovů v kyselinách. Při něm dochází k oxidaci kovu. Produktem je buď solvovaný kationt kovu (tj. roztok soli příslušného kationtu M^{n+}), nebo nerozpustný oxid či sůl tohoto kationtu.

Je-li produktem oxidace nerozpustná látka (oxid nebo sůl kyseliny), která brání kovu v další reakci, říkáme, že se kov pasivuje [27].

Oxidačním činidlem je buď proton, který se redukuje na $H_2(g)$. Tak je tomu u neoxidujících kyselin, k nimž řadíme např. HCl , H_3PO_4 a zředěnou H_2SO_4 . U oxidujících kyselin je aniont kyseliny silnějším oxidačním činidlem než proton. Nejběžnější oxidující kyselinou je HNO_3 a koncentrovaná H_2SO_4 , z níž vzniká $SO_2(g)$ [27].

Pro reakci je také důležitá čistota kovu a případné použití směsí kyselin. Schopnost oxidace kovu se vyjadřuje velikostí standardního elektrodového potenciálu E_0 . Podle velikosti E_0 řadíme kovy do Beketovovy řady:

Li Rb K Ba Sr Ca Na La Mg Sc Be Al Ti Mn Zn Cr Fe Cd In Co Ni Sn Pb H Mo Re Cu
Os Ru Ag Hg Pd Ir Pt Au

Nalevo od vodíku, který má $E_0 = 0 V$, jsou neušlechtilé kovy, které mají $E_0 < 0$ a jsou schopny redukovat proton na vodík. Ušlechtilé kovy, které stojí napravo od vodíku, mají $E_0 > 0$ a reagují pouze se silnými oxidujícími kyselinami [27].

5 Vymezení cílů bakalářské práce

- Hlavním cílem této bakalářské práce je poukázat na problematiku postojů žáků k chemii na středních odborných školách nechemického zaměření a možností jejich změny se zavedením jednoduchých experimentů do výuky s využitím ICT a měřících senzorů.
- Dílčí cíle:
 - Ověření pokusů práce se senzory Vernier připojitelnými k počítači a jejich možnost využití ve výuce.
 - Využití senzoru tlaku při studiu reakce zinku s kyselinou sírovou.

6 Praktická část

6.1 Ověřovací pokusy

Ověření práce se systémem Vernier probíhalo na modelových pokusech umístěných na stránkách české pobočky firmy Vernier². Nejjednodušším senzorem užitečným v široké škále pokusů i ve škole je USB teploměr GO!Temp. Ten byl ověřen následujícími pokusy:

- A. tepelná kapacita kalorimetru
- B. krystalizační teplo
- C. tepelné změny chladicí směsi
- D. vliv látkového množství na tepelném zabarvení reakce

Měření bylo provedeno pomocí počítače s programem Logger Lite.

6.1.1 Tepelná kapacita kalorimetru (pracovní list v příloze č. 1)

Úkolem této úlohy je stanovit tepelnou kapacitu kalorimetru složeného z 2 do sebe vložených kádinek. Jedná se o jednoduchou úlohu, nenáročnou na pomůcky, které jsou v základním vybavení chemické laboratoře. Žákům názorně ukazuje, že je nutné počítat i s tepelnými ztrátami v systému.

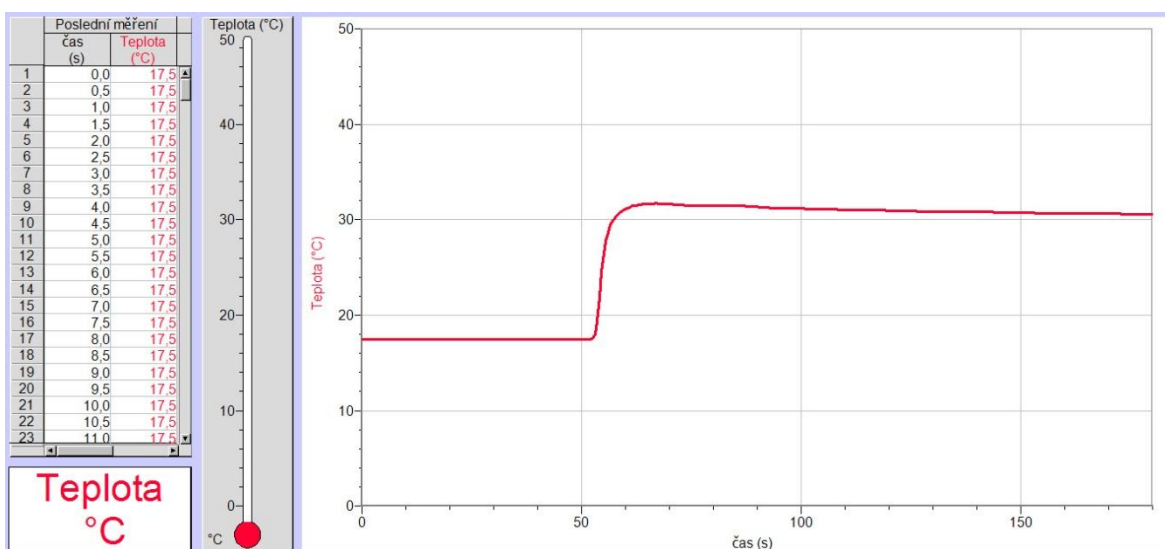
Pomůcky:

- USB teploměr Vernier Go!Temp
- kádinky 100ml, 200ml a 250ml
- odměrný válec
- laboratorní teploměr
- rychlovarná konvice
- tyčinka

² <http://www.vernier.cz/experimenty/prehled/oblast/chemie>

Postup:

1. V programu Logger Lite jsem nechala původní nastavení (doba měření 180 s, měřit 2krát za sekundu).
2. Do jedné kádinky jsem si připravila 50 ml vody přibližně o teplotě 50 °C (změřeno laboratorním teploměrem), kterou jsem ohřála v rychlovarné konvici. Do kalorimetru složeného ze dvou do sebe vložených kádinek jsem připravila 50 ml vody o laboratorní teplotě a ponořila do vody USB teploměr.
3. Spustila jsem měření a v programu Logger Lite se začal vykreslovat graf závislosti teploty na uběhlém čase. Po 50 s jsem do kalorimetru přilila teplou vodu. Za stálého míchání jsem pozorovala, jak se teplota vody v kalorimetru ustaluje. Po 180 s se měření automaticky zastavilo.



Obrázek 14 Tepelná kapacita kalorimetru, zdroj: autor

Výsledky:

Pro určení tepelné kapacity kalorimetru jsem využila kalorimetrickou rovnici pro moji soustavu. Na levé straně rovnice je vyjádřeno teplo odevzdané teplou vodou a na pravé straně rovnice je vyjádřeno teplo přijaté studenou vodou a kalorimetrem

$$c \cdot m_2 \cdot (t_2 - t) = c \cdot m_1 \cdot (t - t_1) + C \cdot (t - t_1) \quad (13)$$

Odtud lze snadno vyjádřit vztah pro výpočet tepelné kapacity kalorimetru

$$C = \frac{c \cdot (m_2 \cdot (t_2 - t) - m_1 \cdot (t - t_1))}{t - t_1} \quad (14)$$

kde C je tepelná kapacita kalorimetru, c je měrná tepelná kapacita vody, t_1 je teplota vody chladnější, t_2 je teplota vody teplejší, t je teplota v kalorimetru po ustálení, m_1 a m_2 jsou hmotnosti jednotlivých slévaných vod.

Závěr:

Po provedení 4 měření podle vzorce pro výpočet tepelné kapacity vyšla tepelná kapacita kalorimetru, složeného ze dvou do sebe vložených kádinek, rovna průměrně $107,9 \text{ JK}^{-1}$. Pokud známe tepelnou kapacitu pro daný kalorimetr, můžeme lehce zjistit teplo přijaté kalorimetrem při míšení látek. K tepelné výměně dochází mezi všemi částmi soustavy (látkami i kalorimetrem). Kdybychom toto teplo pominuli ve výpočtech a použili jednoduchou kalorimetrickou rovnici (která se využívá na základní škole), lišila by se vypočtená hodnota výsledné teploty po míšení od skutečně naměřené teploty v kalorimetru.

6.1.2 Krystalizační teplo (pracovní list v příloze č. 2)

Úkolem této úlohy je pozorovat změnu teploty při ochlazování taveniny thiosíranu sodného. Jedná se o jednoduchý experiment, kdy žáci mohou pracovat samostatně, protože použitá chemikálie nepředstavuje riziko při manipulaci s ní.

Pomůcky:

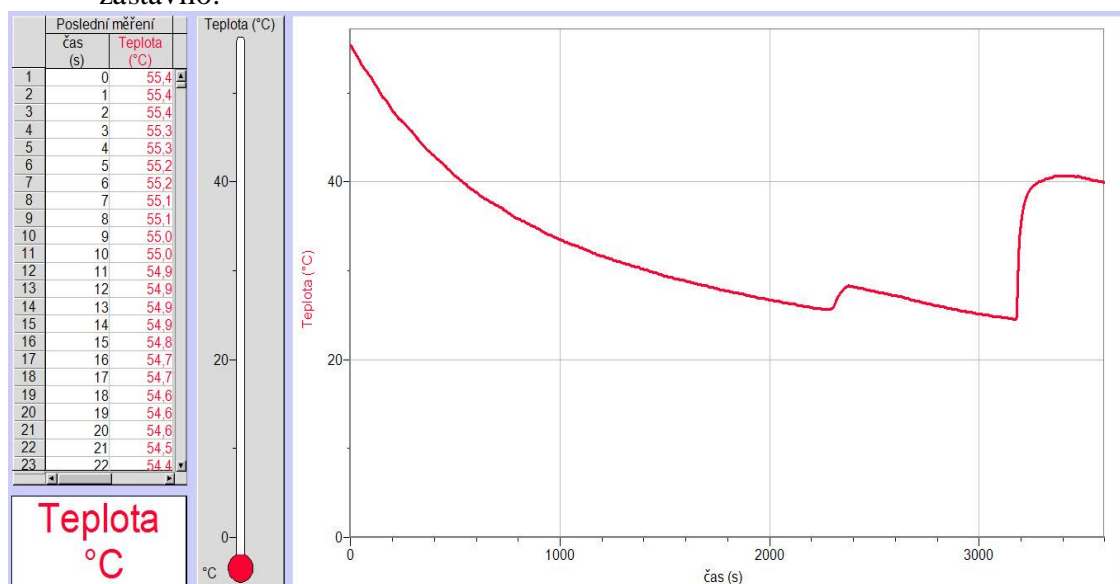
- USB teploměr Vernier Go!Temp
- kádinka 100ml
- kastrol pro vodní lázeň
- elektrický vařič
- tyčinka

chemikálie:

- thiosíran sodný $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- voda

Postup:

1. V programu Logger Lite jsem nastavila čas měření 3600 s a měřit 1krát za sekundu.
2. Do 100 ml kádinky jsem si navázila 20 g krystalického thiosíranu sodného a vložila USB teploměr. Nechala jsem thiosíran sodný rozpustit ve vodní lázni, kde jsem jej pak nechala volně chladnout na vzduchu.
3. Spustila jsem měření a v programu Logger Lite se začal vykreslovat graf závislosti teploty na uběhlém čase. Po uplynutí 3600 s se měření automaticky zastavilo.



Obrázek 15 Krystalizační teplo thiosíranu sodného, zdroj: autor

Výsledky:

Po uplynutí 240 s klesla teplota taveniny thiosíranu sodného pod 47 °C. Teplota klesala až k 25,7 °C, kdy začala krystalizace a teplota stoupla na 28,1 °C. Poté začala teplota opět klesat až na 24,6 °C, kdy krystalizace skončila. Poté teplota prudce vzrostla, ale na vzniklých krystalech nebyla viditelná žádná změna.

Závěr:

Teplota tuhnutí thiosíranu sodného je přibližně 47 °C, při postupném ochlazování ale může tato sloučenina zůstat kapalná i při nižších teplotách než je výše uvedených 47 °C. Při mém pozorování se mi tato teorie potvrdila. Teplota roztaveného thiosíranu klesla až k 25,7 °C, kdy se objevily první krystalky, které velmi rychle narůstaly. Tento nárůst krystalů byl velmi efektní, což jsem zachytila na fotografiích (viz. obrázky 16,17).



Obrázek 16 Počátek krystalizace,
zdroj: autor



Obrázek 17 Před koncem krystalizace,
zdroj: autor

Experiment prováděný ve škole by byl pro žáky vizuálně velice zajímavý a navíc důležitý pro upřesnění jejich poznání. Žáci totiž přichází na střední školy s představou, kterou se naučili ve fyzice na základní škole, že každá krystalická látka tuhne tak, že teplota taveniny postupně klesá až na teplotu krystalizace, kdy látka začíná tuhnout. Na této hodnotě se klesání teploty po určitou dobu zastaví. Teprve po ukončení krystalizace začne teplota opět klesat až na teplotu okolí [19].

6.1.3 Tepelné změny chladicí směsi

Úkolem této úlohy je pozorovat změny teploty chladicí směsi s různými poměry vody a ledu. Opět se jedná o úlohu nenáročnou na pomůcky. Pokus přesto nabízí možnost rozvoje přírodovědného myšlení žáků, proto je vhodná i v podmínkách nemotivovaných žáků, pro které je chemie okrajovým předmětem.

Pomůcky:

- USB teploměr Vernier Go!Temp
- kádinky 100ml a 250ml
- lžička

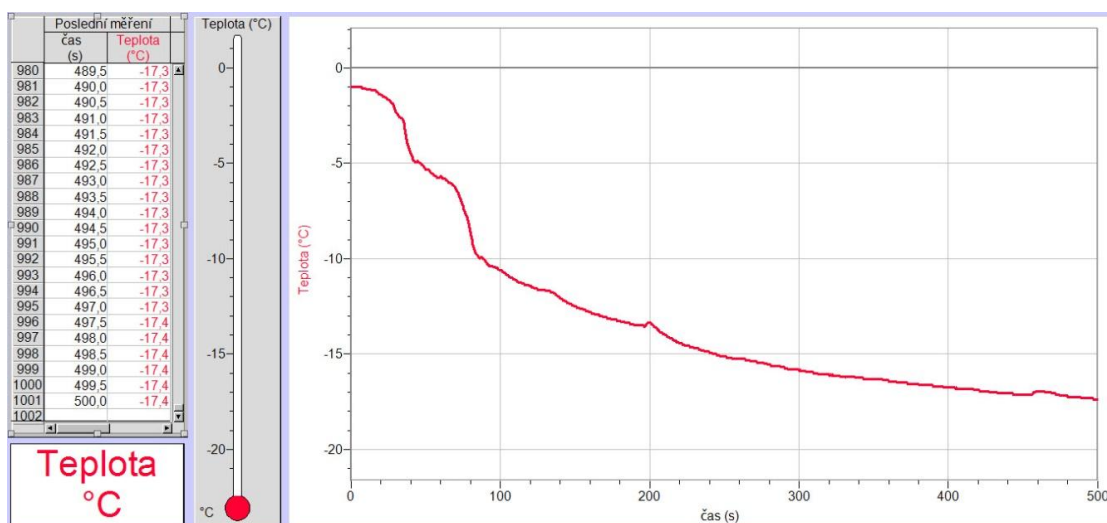
- tyčinka

Chemikálie:

- chlorid sodný $NaCl$ (kuchyňská sůl)
- drcený led

Postup:

1. V programu Logger Lite jsem nastavila čas měření 500 s a měřit 2krát za sekundu.
2. Do kalorimetru složeného ze 2 do sebe vložených kádinek jsem připravila požadovaný poměr vody a ledu a vnořila jsem do směsi USB teploměr.
3. Spustila jsem měření a v programu Logger Lite se začal vykreslovat graf závislosti teploty na uběhlém čase. Přidala jsem ke směsi lžičku kuchyňské soli a začala intenzivně míchat. Po uplynutí 500 s se měření automaticky zastavilo.



Obrázek 18 Tepelná změna chladicí směsi, zdroj: autor

Výsledky:

Nejprve jsem vyzkoušela chladicí směs voda-led v poměru 3:1. Po přidání $NaCl$ a za stálého míchání měla chladicí směs nejnižší teplotu $-7,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Podruhé jsem vyzkoušela chladicí směs voda-led v poměru 1:3. Po přidání $NaCl$ a za stálého míchání měla chladicí směs nejnižší teplotu $-17,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Závěr:

Tání ledu je spojeno s přijetím značného tepla z chladicí směsi, proto se tato směs ochladí. Tento proces je i vizuálně efektní, protože se kádinka orosila. Toto orosení vlivem kondenzace zmrzlo. Experiment by se výborně hodil i do výuky na nechemických SOŠ. Po provedení pokusu jej lze propojit s praxí jako ukázkou na léto k rychlému ochlazení nápojů nebo na zimu, proč nemá smysl solit silnice při venkovní teplotě nižší než -5°C .

6.1.4 Vliv látkového množství na tepelném zabarvení reakce

Úkolem této úlohy je pozorovat vliv koncentrace výchozích látek na tepelném zabarvení reakce (neutralizace). Jednoduchost pokusu dává učiteli možnost ukázat žákům důležitost dodržování bezpečnostních pokynů při práci s kyselinami a hydroxidy.

Pomůcky:

- USB teploměr Vernier Go!Temp
- kádinky 100ml, 200ml a 250ml
- odměrný válec
- lžička
- tyčinka

Chemikálie:

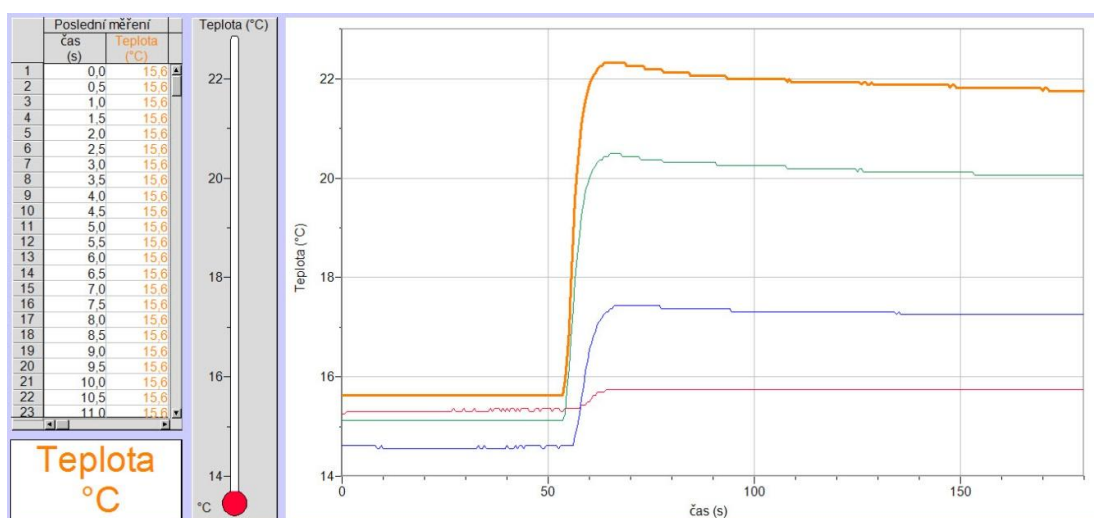
- kyselina chlorovodíková *HCl*
- hydroxid sodný *NaOH*

obě chemikálie o koncentracích:

- $c_1 = 0,25 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
- $c_2 = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
- $c_3 = 0,75 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
- $c_4 = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$

Postup:

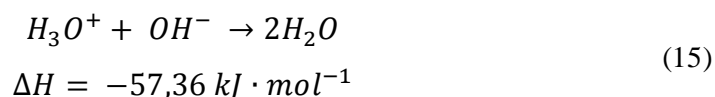
1. V programu Logger Lite jsem nechala původní nastavení (doba měření 180 s, měřit 2krát za sekundu).
2. Do kalorimetru složeného z 2 do sebe vložených kádinek jsem nalila 50 ml kyseliny chlorovodíkové o koncentraci c_1 a ponořila USB teploměr.
3. Spustila jsem měření a v programu Logger Lite se začal vykreslovat graf závislosti teploty na uběhlém čase. Po 50 s jsem do kalorimetru přilila hydroxid sodný o koncentraci c_1 . Za stálého míchání jsem pozorovala, jak se teplota vody v kalorimetru ustaluje. Po 180 s se měření automaticky zastavilo.
4. Postup jsem opakovala i s ostatními koncentracemi. Závislost teploty reakce látek o stejných koncentracích jsem zaznamenávala do jednoho grafu.



Obrázek 19 Vliv látkového množství na tepelném zabarvení reakce, zdroj: autor

Výsledky:

Tepelné zabarvení reakce je přímo úměrné látkovému množství jeho reaktantů. Jedná se o reakci:



Závěr:

Na obrázku 19 je jasně patrný vliv látkového množství na tepelném zabarvení reakce (červená odpovídá koncentraci c_1 , modrá koncentraci c_2 , zelená koncentraci c_3 a oranžová odpovídá koncentraci c_4). Potvrdila jsem si tedy zkoumanou věc, že vyšší koncentrace kyseliny a zásady zapříčinila vyšší teplotu při neutralizaci těchto látek.

Pro žáky středních škol je tento experiment velmi názorný, neboť lze na něm dobře demonstrovat bezpečnost práce při manipulaci s kyselinami (resp. hydroxidy). Myslím tím jako ukázkou, proč při polítní ruky kyselinou (resp. hydroxidem) se nesnažit ránu neutralizovat. Nejen, že by došlo k poleptání i druhou látkou, ale vzrůstající teplo při této reakci by v ráně způsobovalo ještě větší bolest. Doporučuji, aby jej prováděl učitel sám a díky možnostem podpory zobrazovacích zařízení, lze tento jev ukázat celé třídě najednou.

6.1.5 Závěr pro ověřovací pokusy

Práce s USB teploměrem Vernier a programem Logger Lite je velmi snadná a názorná. Během svých studií na střední (resp. základní) škole jsem měla možnost u takovýchto pokusů použít pouze běžný laboratorní teploměr. U pokusu vedeného tímto způsobem jsem během výuky toho příliš neviděla a nezbývalo mi než věřit, že spolužák, který šel přečíst hodnotu na teploměru, dobře hodnotu odečetl. Samozřejmě, že mezi počáteční a koncovou přečtenou hodnotou proběhl výklad, který nám odvedl myšlenky úplně jinam. Díky USB teploměru je fascinující pozorovat, co se děje už v průběhu reakce a ne znát jen stav na začátku a na konci. Dle mého názoru tuto skutečnost vidí dnešní žáci stejně jako tehdy já. Navíc učitel může promítat celý experiment z počítače dataprojektorem (popřípadě může promítat výsledky po síti do mobilních zařízení), kde všichni ve třídě vidí průběh pokusu. Domnívám se, že tento způsob provedení pokusu je vhodnou motivací konkrétně pro žáky SOŠ nechemického zaměření.

Spolupráce USB teploměru s programem Logger Lite je velmi spjata. Stalo se mi, že při jednom pokusu jsem zapomněla spustit sběr dat. Experiment samozřejmě

probíhal beze změny, USB teploměr měřil aktuální teplotu v systému, ale vytratila se složka poznání průběhu pokusu, a tudíž se USB teploměr stal běžným laboratorním teploměrem.

6.2 Využití tlakoměru Vernier při studiu reakce kyseliny sírové se zinkem

V druhé experimentální kapitole této práce bylo cílem podpořit semikvantitativní znalost průběhu reakce kyseliny sírové se zinkem. K tomu bylo využito senzoru tlaku. Zjišťována byla rychlost reakce v závislosti na koncentraci kyseliny sírové. Cílem bylo měřením podpořit problémový modelový experiment [21].

V učebnicích se běžně uvádí, že se vzrůstající koncentrací kyseliny roste rychlost reakce. Zjištění, že to není všeobecně platné pravidlo působí problémově, motivuje žáky, proto je vhodné nejen do prostředí, kde je chemie považována za okrajový předmět. Toto zjednodušení je uvedeno na pravou míru právě sadou pokusů v duchu badatelsky orientovaného vyučování [22-24].

Pro účely měření byl využit senzor tlaku Vernier.

Pomůcky:

- tlakoměr Vernier GPS-BTA, rozhraní GO!Link
- zkumavky, stojan na zkumavky
- 11 odměrných baněk 50ml
- odměrný válec
- Erlenmeyerova baňka 1000ml
- Nálevka, laboratorní váhy, nůžky na plech

Chemikálie:

- kyselina sírová
- zinkový plech
- kyselina chlorovodíková

Zinkový plech jsem nastříhala na plíšky přibližně o hmotnosti 1 g. Každý plíšek byl očištěn a na malou chvíli ponořen do kyseliny chlorovodíkové, aby měl čistý povrch pro reakci.

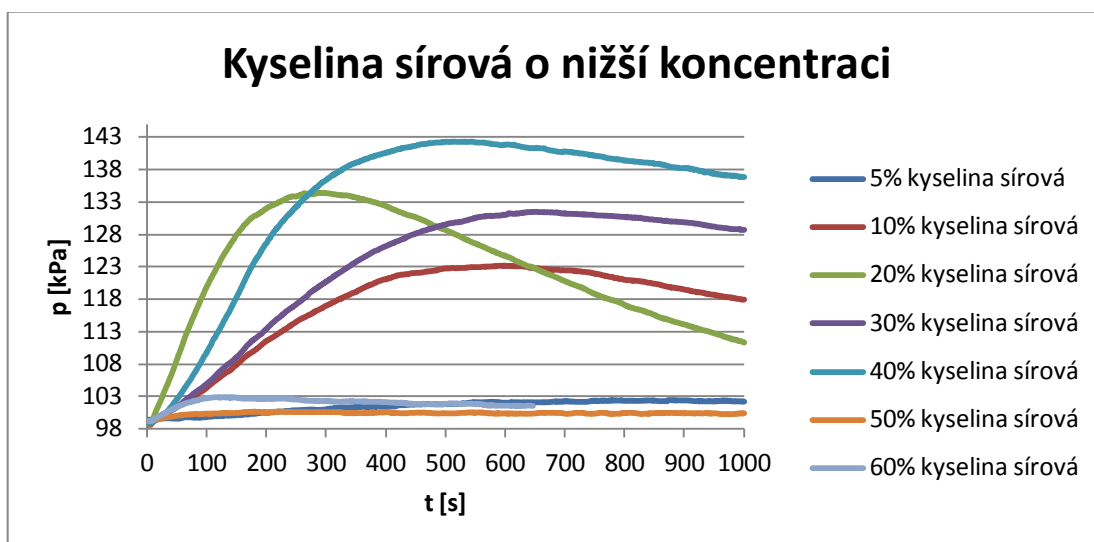
Připravila jsem 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% a 96% roztoky kyseliny sírové do odměrných baněk.

Postup:

1. Nejprve jsem semikvantitativně prověřila průběh reakcí ve zkumavkách, abych věděla, jak reakce probíhají a co mohu očekávat.
2. Podle údajů v učebnici se dal očekávat nejbouřlivější průběh reakce u koncentrované kyseliny sírové. Zkumavkové pokusy však toto neověřily, proto jsem nejdřív zkoušela měřit se senzorem tlaku tu nejbouřlivější reakci – tedy 20% kyselinu sírovou se zinkem. Zde vzniklý plyn vystřelil špunt ven ze zkumavky.
3. Upravila jsem množství zinku a kyseliny, pak bylo možné provádět ostatní pokusy.
4. V programu Logger Lite jsem nastavila čas měření 1000 s a zaznamenávat hodnoty 1krát za sekundu.
5. Do 1000ml Erlenmeyerovy baňky jsem dala očištěné zinkové plíšky o celkové hmotnosti 2 g. Přilila jsem 20 ml 5% kyseliny sírové a baňku jsem zazátkovala s připojeným tlakoměrem.
6. Spustila jsem měření a v programu Logger Lite se začal vykreslovat graf závislosti tlaku na uběhlém čase. Po uplynutí 1000 s se měření automaticky zastavilo.
7. Postup jsem opakovala i s ostatními koncentracemi kyseliny sírové.

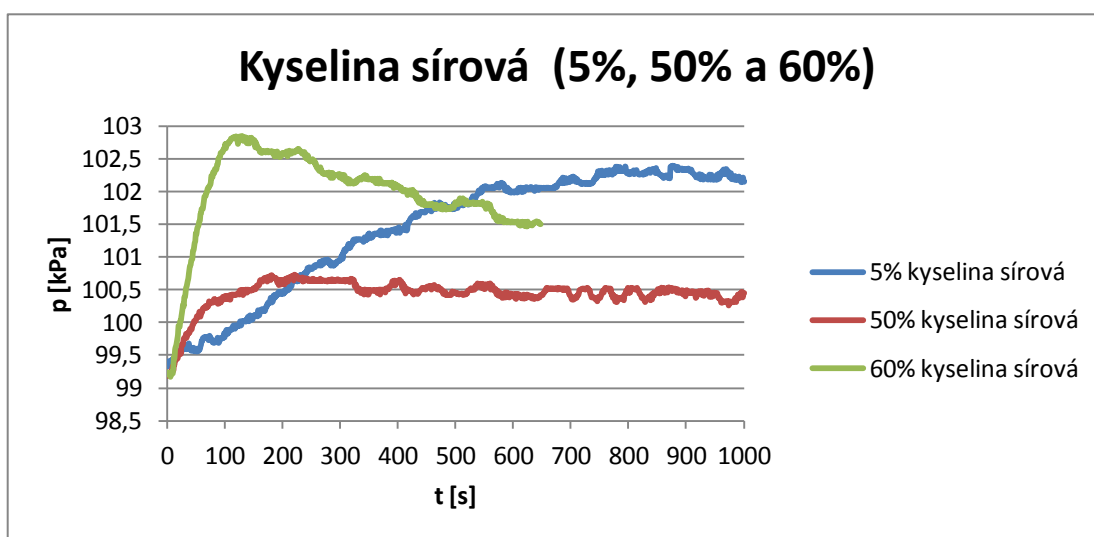
Výsledky:

Časové průběhy tlaku v baňce při reakcích zinku s kyselinou sírovou o nižších koncentracích, které jsem při experimentu naměřila, jsou zobrazeny v grafu 1.



Graf 1 Kyselina sírová o nižší koncentraci, zdroj: autor

Na grafu 1 je vidět, že naměřené hodnoty 5%, 50% a 60% kyseliny sírové jsou hodně podobné, proto uvádím jejich samostatný graf 2 s podrobnějším měřítkem pro tlak.



Graf 2 Kyselina sírová (5%, 50% a 60%), zdroj: autor

Reakce 5% a 10% kyseliny sírové

Reakce probíhala intenzivně. Baňka se na dotek citelně zahřála.

Reakce 20% kyseliny sírové

Reakce probíhala velmi bouřlivě hned od začátku. Plíšky se aktivně hýbaly po hladině kyseliny sírové.

Reakce 30% a 40% kyseliny sírové

Reakce probíhala opět velmi bouřlivě hned od začátku. Použila jsem nezreagované kousky zinku z minulého měření doplněné na 2 g.

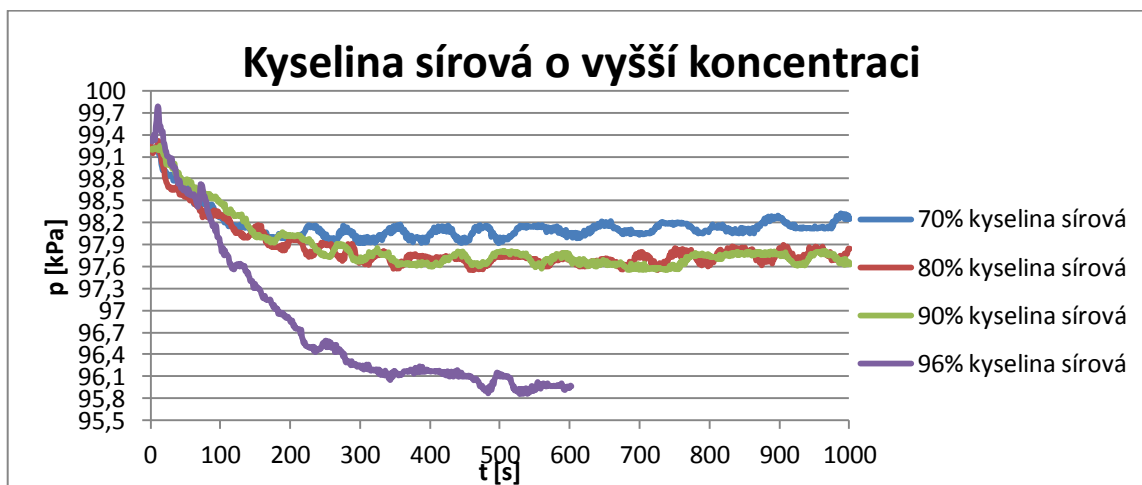
Reakce 50% kyseliny sírové

Reakce probíhala ochotně, ale viditelně o něco méně než u předchozích měření. Po uplynutí 550 s se reakce téměř zastavila.

Reakce 60% kyseliny sírové

Reakce probíhala opět bouřlivě. Přesto po uplynutí 200 s se reakce téměř zastavila.

Při měření 70% kyseliny sírové mě výsledky měření překvapily. Tlak v nádobě nejdříve poklesl a teprve po uplynutí přibližně 200 s, tlak v nádobě začal pomalu s mírnými výkyvy stoupat. Stejný průběh se mi potvrdil i u více koncentrované kyseliny (80% a 90%). U 96% kyseliny sírové byl propad tlaku největší. Z výsledku bylo jasné, že se nejedná o náhodou chybu, ale o přirozený proces, který je ovlivněn vlastností kyseliny sírové, což můžeme vidět na grafu 3.



Graf 3 Kyselina sírová o vyšší koncentraci, zdroj: autor

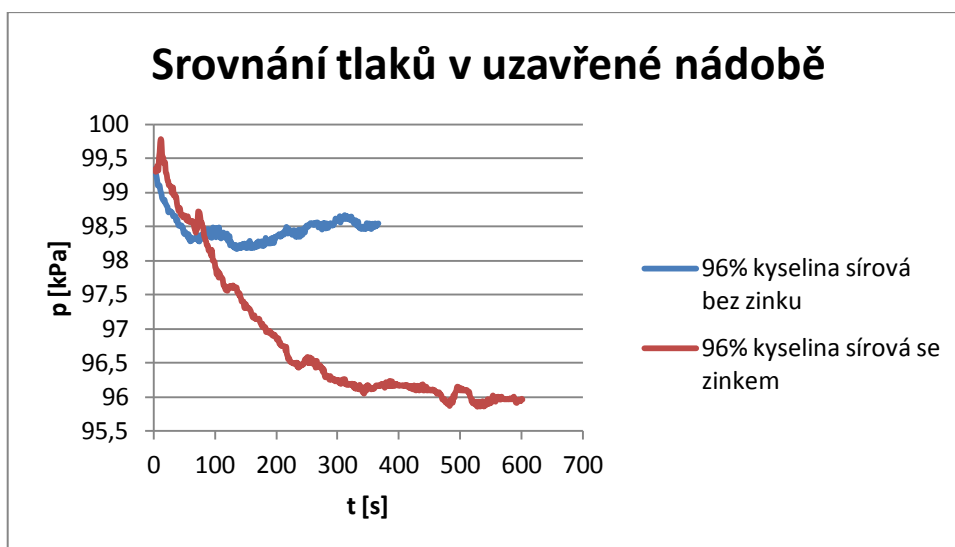
Reakce 70%, 80% a 90% kyseliny sírové

Na začátku byla lehká reakce. Od těchto koncentrací jsem již nemusela doplňovat zinek na 2 g, protože po reakci a zvažení plíšků byla hmotnost plíšků stejná. Po uplynutí 120 s se reakce téměř zastavila.

Reakce 96% kyseliny sírové

Reakce od začátku téměř neprobíhala.

Výrazný propad tlaku u 96% kyseliny sírové oproti ostatním mě vedl k zamyšlení, jestli tuto reakci neovlivnila i vlastnost samotné kyseliny. Proto jsem také zavřela do baňky samotnou 96% kyselinu sírovou a změřila jsem tlak v nádobě. I v tomto případě tlak klesal.



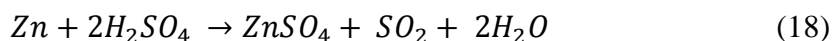
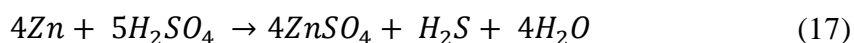
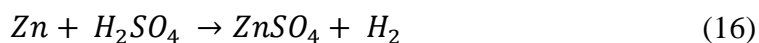
Graf 4 Srovnání tlaků v uzavřené nádobě, zdroj: autor

Jak bylo zmíněno výše, reakce 96% kyseliny sírové se zinkem byla nejspíše ovlivněna i přirozenou vlastností této kyseliny. Kyselina sírová je hygroskopická, což znamená, že odebírá vzdušnou vlhkost ze svého okolí [17]. V uzavřené nádobě tedy dochází k úbytku plynu nad hladinou kyseliny sírové. Při přijetí molekul vody do kyseliny sírové se sice její objem zvětší, ale tento nárůst je menší než ztráta objemu plynu,

protože z fyzikálního hlediska se vodní pára ze vzduchu přemění na vodu a při této přeměně musí zmenšit svůj objem.[20] Je logické, že v baňce klesal tlak.

Z grafu 4 je patrné, že zpočátku reakce koncentrované kyseliny sírové se zinkem je její průběh ovlivněn hygroskopickou vlastností kyseliny. Další pokles tlaku je podle mého názoru způsoben spotřebou vzdušného kyslíku, který se nachází v baňce nad hladinou kyseliny sírové. Pomalý nárůst tlaku v nádobě je spojen s vývinem plynu oxidu siřičitého.

Z výsledků měření je patrné, že reakce kyseliny sírové se zinkem, neprobíhá vždy stejným způsobem. Jsou známy 3 průběhy reakce [25-26]:



O tom, která reakce proběhne, závisí na výchozí koncentraci kyseliny sírové [25]. Při nižší koncentraci kyseliny sírové (5% - 60%) jsou její oxidační účinky zaručeny redukcí vodíku ($\text{H}^I \rightarrow \text{H}^0$). Produktem této reakce (16) je plyn vodík. Výsledek reakce je podmíněn možností kyseliny sírové disociovat ve vodě, ve které je kyselina rozpuštěna [25].

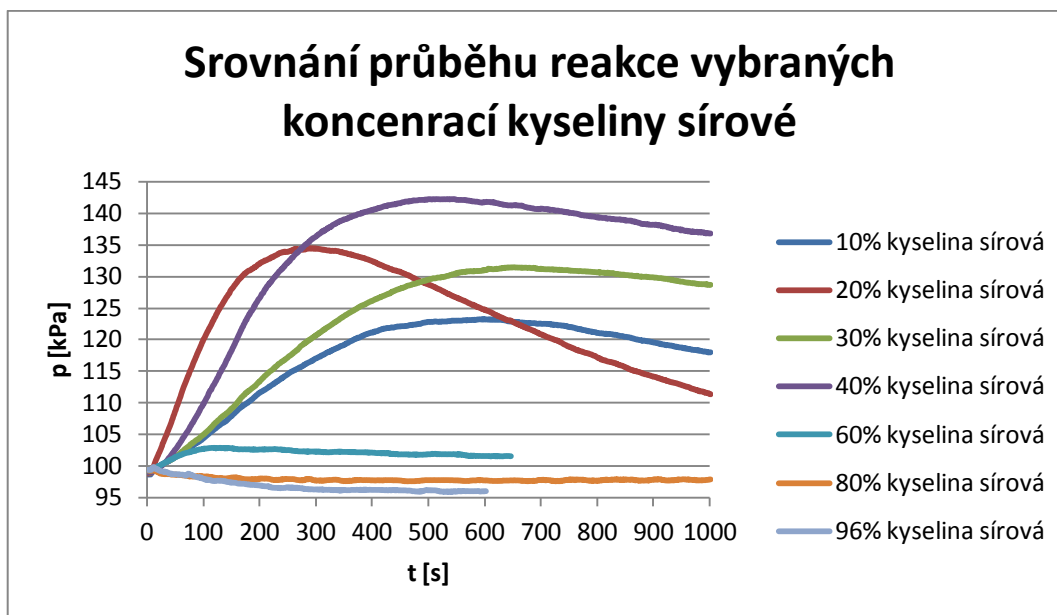
Koncentrovanější nebo koncentrovaná kyselina sírová (70% - 96%) má silné oxidační účinky díky redukcí síry ($\text{S}^{VI} \rightarrow \text{S}^{IV}$). Proto při reakci s neušlechtilým kovem zinkem už nevzniká vodík, ale probíhají reakce (17) nebo (18), jejichž plynnými produkty jsou sulfan (17) nebo oxid siřičitý (18) [25].

Při reakci kyseliny sírové se zinkem se jedná o reakci kapaliny s pevnou látkou. Jak již bylo zmíněno výše, jedním z produktů je vždy plyn. Z fyzikálního hlediska volné molekuly plynu zaujmají větší objem než molekuly kapaliny nebo pevné látky, proto jsem předpokládala, že v uzavřené nádobě bude tlak vždy stoupat. Při nižších koncentracích kyseliny (5% - 60%) se mi tento předpoklad potvrdil, což můžeme vidět na grafu 1.

Závěr:

Díky tlakoměru Vernier je možné sledovat vývoj tlaku po celou dobu reakce a není třeba se věnovat zápisu hodnot do tabulky, což by ani nebylo fyzicky možné, protože během jedné sekundy není v lidských silách odečíst číslo z přístroje a ještě jej zapsat. Množnosti tlakoměru Vernier samozřejmě v tomto člověka předčí.

Díky naměřeným hodnotám pomocí tlakoměru Vernier bylo možné sestavit společný graf 5 závislosti tlaku na čase v průběhu chemických reakcí pro různé koncentrace kyseliny sírové. Z tohoto grafu je patrné, jak tlak u vyšších koncentrací kyseliny sírové oproti ostatním klesal. Pokles ale není tak výrazný jako vzestup v případě reakce méně koncentrované kyseliny sírové se zinkem.



Graf 5 Srovnání průběhu reakce vybraných koncentrací kyseliny sírové, zdroj: autor

Z výsledků tedy vyplývá, že pro studium této reakce je využití senzoru tlaku vhodné pouze pro reakce kyselin s nižší koncentrací.

Postřehy s testováním reakce

Zkumavkové pokusy jsem několikrát opakovala, vždy s drobnou úpravou množství reagujících látek, ale pokaždé vzniklý tlak uvnitř zkumavky vytlačil zátku ven.

Poté jsem zkoušela reakci provést v 250ml Erlenmeyerově baňce. Ani s tímto objemem nádoby se zátka v hrdle dlouho neudržela.

Z hlediska realizace je tedy nutné dávat pozor na volbu správné velikosti nádoby, ve které bude reakce probíhat. Při zvolení stejného množství výchozích látek ale menší baňky, bude samozřejmě tlakoměr Vernier měřit průběžný tlak v uzavřené nádobě, ale s největší pravděpodobností se stane, že se velmi brzy nádoba naplní vznikajícím plynem a tlak v nádobě vytlačí zátku z hrdla ven. Výsledky měření jsou pak znehodnoceny, jelikož tlakoměr měří jen hodnotu atmosférického tlaku v laboratoři.

Tento pokus bych doporučila jako vhodný doplněk výuky vlastností kyselin na nechemických SOŠ, ale podle mého názoru není úplně vhodný pro samostatnou práci žáků. Měl by jej provádět učitel s použitím právě ICT technologií k názornému předvedení pokusu pro celou třídu. Důvodem je především bezpečnost žáků při manipulaci s kyselinou sírovou a nádobou s přetlakem plynu.

6.3 Možnost využití senzorů ve výuce na střední odborné škole a vysoké škole

Na základě vlastní zkušenosti s prací se senzory Vernier uvádím návrh na jejich využití v prostředí nechemicky zaměřených SOŠ i v přípravě učitelů.

6.3.1 SOŠ nechemického zaměření

Zvláště na SOŠ nechemického zaměření, kde je nízká hodinová dotace předmětu chemie, zavedení jednoduchého experimentu do výuky s podporou ICT a měřicími senzory může žákům ukázat, že chemie není jenom „strašákem“, ale je běžnou součástí života. Vzhledem k množství látky, které je nutno probrat, nabízejí učitelům právě senzory možnost podpořit výklad snadnými názornými pokusy a zefektivnit práci svou i žáků, nezdržovat se zápisem a zpracováním dat a ušetřit tím cenný čas pro vyhodnocení a zobecnění závěrů z těchto pokusů do praktického života.

6.3.2 Příprava učitelů

Stejně jako na středních (resp. základních) školách se nabízí možnost využití těchto zařízení ve výuce chemie na naší katedře. Jako studentka pedagogické fakulty

bych ocenila, zpestřit výuku chemie experimenty již při výkladu látky. Použití senzorů Vernier s jejich možností propojení s počítačem umožní ukázat výsledky měření více posluchačům najednou pomocí projekce na velkou plochu, což je obrovská výhoda této technologie. Je mi jasné, že obsah přednášek je velice nabitý a léty ověřený, ale prostor pro nějaký drobný experiment by se snad našel a výuka budoucích učitelů by se stala ještě zajímavější. Použití moderní technologie by je motivovalo i do budoucnosti pro inovaci vlastní výuky žáků ve škole.

Při využití těchto zařízení zejména v laboratorních kurzech by nebylo zrovna praktické běhat po laboratoři mezi stoly s počítačem v ruce, proto bych ještě doporučila pořízení přístroje LabQuest 2. Využitím tohoto zařízení by byla manipulace se senzory a zaznamenávání potřebných dat jednodušší.

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo poukázat na problematiku postojů žáků k chemii na středních odborných školách nechemického zaměření a možností jejich změny se zavedením jednoduchých experimentů do výuky s využitím ICT a měřících senzorů. V teoretické části bylo na tuto problematiku ukázáno prostřednictvím několika dříve provedených výzkumů, ze kterých je jasné, že žáci SOŠ nechemického zaměření mají většinou špatný postoj k chemii. Zlepšení vztahu k tomuto předmětu by dle mého názoru mohlo přispět využívání ICT technologií v hodinách a demonstrace jednoduchých školních experimentů podpořených moderními měřícími systémy.

Díličními cíli této bakalářské práce bylo ověření pokusů práce se senzory Vernier připojitelnými k počítači a využití senzoru tlaku při studiu reakce zinku s kyselinou sírovou. Oba dílčí cíle byly vedeny se zřetelem ověření možnosti uplatnění těchto experimentů ve výuce na střední odborné škole nechemického zaměření. V teoretické části je uveden přehled několika měřících systémů od firem PASCO, CONATEX a Vernier. Podrobněji jsem se věnovala měřicímu systému firmy Vernier, od které katedra chemie a didaktiky chemie vlastní několik USB senzorů. Tyto senzory Vernier jsem použila v experimentální části bakalářské práce.

V experimentální části jsem použila k ověření pokusů měřící senzor teploty Vernier, který byl připojen k notebooku. Jednalo se o pokusy: tepelná kapacita kalorimetru, krystalizační teplota, tepelné změny chladicí směsi, vliv látkového množství na tepelném zabarvení reakce.

Práce s USB teploměrem byla jednoduchá a názorná. Bylo však nutné dávat pozor na správném nastavení doby měření a frekvence záznamu naměřených hodnot v programu Logger Lite. Všechny ověřené pokusy bych doporučila k zařazení do výuky přírodovědných předmětů i na SOŠ nechemického zaměření. Tyto pokusy může realizovat sám učitel a průběh pokusů promítat přímo ve třídě nebo je mohou žáci provádět i samostatně vzhledem k jednoduchosti ovládání zařízení. Takto prováděné pokusy mohou zvýšit zájem o výuku přírodních věd včetně chemie.

Z vlastní zkušenosti mohu posoudit, jaký vliv na můj zájem o chemii měl způsob její výuky a hlavně zařazení pozorování experimentu do výkladu vyučujícího. Na základní škole jsme většinu pokusů pozorovali na videu a jen velmi málo experimentů prováděla při výuce sama učitelka. Díky sledování pokusů alespoň na obrazovce televize mě chemie začala velmi zajímat a podpořila můj zájem o poznání a pochopení podstaty chemických dějů. Na střední škole se k výuce chemie přidaly samostatné hodiny laboratorních prací, kde jsme prováděli pokusy jak z anorganické, tak z analytické chemie za použití klasických měřidel. Jsem přesvědčena o tom, že výuka přírodovědných předmětů podpořená měřicími systémy (např. Vernier) a počítačovou vybaveností učeben by byla ještě zajímavější a názornější nejen pro mě ale i pro mé spolužáky, kteří o chemii takový zájem neměli. Proto je možné jednoduché experimenty s dostupnými látkami doporučit i na SOŠ nechemického zaměření.

Rozdíl mezi prací s klasickými měřidly a USB senzory je značný. Při práci s klasickými čidly si žáci musí předem připravit tabulku, do které zapisují naměřené hodnoty. Následné zpracování dat do vlastního grafu vede sice k rozvoji žáků v senzomotorické oblasti, ale časová náročnost a neatraktivnost snižuje efektivitu práce. Oproti klasickým čidlům využití USB senzorů nabízí možnost přímo porovnat jednotlivé naměřené hodnoty. Žáci mají pak možnost pracovat s konkrétními hodnotami, cvičit se v odečítání dat z grafu, srovnávat průběhy změn teploty nebo jiné veličiny a diskutovat o jejich příčině. Pro samotný rozvoj přírodovědného myšlení žáků jsou takto získaná data vhodným podkladem.

Dalším cílem bylo využití senzoru tlaku při studiu reakce zinku s kyselinou sírovou. Tento cíl se mi podařilo splnit pouze z části. Pro koncentrace kyseliny sírové mezi 5–60 % probíhala reakce očekávaným způsobem, tedy vzrůstajícím tlakem plynu v uzavřené nádobě. Naproti tomu u 70% kyseliny sírové byl průběh reakce překvapivý, protože tlak v baňce nejprve klesl a jeho pozdější nárůst byl velmi pomalý. U 80-90% kyseliny sírové probíhala reakce stejným trendem jako u 70% kyseliny. Tyto překvapivé průběhy již nebylo možné ověřit i jiným způsobem vzhledem k nedostatku času. Ten byl způsoben tím, že spousta času mi zabralo nalezení správné velikosti nádoby, ze které vzniklý tlak plynu nevytlačí zátku. Pro větší baňky již neexistují originální zátky pro čidlo tlaku s potřebnými rozměry, proto bylo nutné

takovou zátku nejprve vlastnoručně vyrobit. Problém totiž spočíval v tom, že zátka musela dokonale těsnit jak v nádobě, tak i kolem připojeného senzoru tlaku.

Vzhledem k náročnosti na vybavení i bezpečnosti při manipulaci s kyselinou sírovou a nádobou s přetlakem plynu není tento pokus vhodný pro samostatnou práci žáků. Podle mého názoru je nutné, aby jej prováděl učitel sám. Jeho edukační potenciál (badatelsky orientovaná úloha) je však natolik vysoký, že bych tento pokus doporučila i pro výuku na SOŠ nechemického zaměření.

8 Seznam informačních zdrojů

[1] BENEŠ, P., M. RUSEK a T. KUDRNA. Tradice a současný stav pomůckového zabezpečení edukačního chemického experimentu v České republice. *Chemické listy*. 2015, roč. 104, s. 159-162. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2015_02_159-162.pdf. ISSN 1213-7103

[2] ČTRNÁCTOVÁ, H. a J. ZAJÍČEK. Současné školství a výuka chemie v České republice. *Chemické listy*. 2010, roč. 104, s. 811-818. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2010_08_811-818.pdf. ISSN 1213-7103.

[3] ŠKODA, J. a P. DOULÍK *Lesk a bída školního chemického experimentu*. [online]. [cit. 2015-06-21]. Dostupné z: http://lide.uhk.cz/prf/ucitel/bilekma1/moznosti/text/IV_6_Lesk_a_bida_skolniho_chemickeho_experimentu.pdf

[4] *e-Mole.cz*. 2014, roč. 0, s. 4-5. Dostupné z: http://www.e-mole.cz/sites/default/files/media/documents/e-mole_000-2014-mobile.pdf. ISSN 2336-5714

[5] O PASCO.cz. *PASCO.cz*. [online]. 2015 [cit. 2015-06-21]. Dostupné z: <http://www.pasco.cz/o-pasco-cz>

[6] O nás. *CONATEX – DIDACTIC Učební pomůcky*. [online]. 13.4.2015 [cit. 2015-06-29]. Dostupné z: <http://www.pierron.cz/conatex/ucebni-pomucky-firma.php>

[7] *e-Mole.cz*. 2015, roč. 1, Dostupné z: http://www.e-mole.cz/sites/default/files/media/documents/e-mole_001-2015-mobile.pdf. ISSN 2336-5714

[8] Hlavní strana. *Vernier CZ – Vybavení pro výuku přírodovědných oborů*. [online]. 2015 [cit. 2015-06-21]. Dostupné z: <http://www.vernier.cz/uvod/rozcestnik>

- [9] LabQuest 2. *Vernier Software & Technology*. [online]. 2015 [cit. 2015-06-29].
Dostupné z:
<http://www.vernier.com/products/interfaces/labq2/?search=1&category=autosuggest>
- [10] Brouzdáme po internetu 2. *FyzWeb: knihovna*. [online]. [cit. 2015-06-25].
Dostupné z: <http://fyzweb.cuni.cz/knihovna/brouzdame/2/index.htm>
- [11] BÍLEK, M. *Chemické experimenty podporované PC ve výuce*. [online].
[cit. 2015-06-22]. Dostupné z:
http://ucitelchemie.upol.cz/materialy/studijni_texty/prednaska_chemicke_experimenty_podporovane_pc_bilek.pdf
- [12] RUSEK, M. (2011). *Postoj žáků k předmětu chemie na středních odborných školách*. *Scientia in educatione*, 2(2). ISSN 1804-7106. s. 23-37
- [13] Rámcové vzdělávací programy. *Národní ústav odborného vzdělávání*. [online].
2012 [cit. 2015-07-08]. Dostupné z: <http://www.nuov.cz/ramcove-vzdelavaci-programy>
- [14] MŠMT. *Rámcový vzdělávací program pro obor vzdělávání 23-65-H/02 Lodník*.
[online] 2009 [cit. 2015-07-08]. s. 25. Dostupné z:
http://zpd.nuov.cz/RVP_3_vlna/RVP%202365H02%20Lodnik.pdf
- [15] RUSEK, M. *Současný stav výuky chemie na SOŠ – 2. díl*.
Metodický portál RVP [online]. 2010 [cit. 2015-07-07]. Dostupný z:
<http://clanky.rvp.cz/clanek/s/O/6955/SOUCASNY-STAV-VYUKY-CHEMIE-V-SOS-%E2%80%93-2-DIL.html/>. ISSN 1802 – 4785.
- [16] Rychlost chemických reakcí. *E-Chembook.eu*. [online]. [cit. 2015-06-21].
Dostupné z: <http://www.e-chembook.eu/cs/rychlost-chemickyh-reakci>
- [17] KLIKORKA, J., B. HÁJEK a J. VOTICKÝ. *Obecná a anorganická chemie*. Praha:
SNTL/ALFA, 1989. s. 188-190
- [18] VACÍK, J. *Obecná chemie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1986.
s. 84-89

- [19] KOLÁŘOVÁ, R. a J. BOHUNĚK. *Fyzika pro 8. ročník základní školy*. Havlíčkův Brod: Prometheus, 1999. ISBN 80-7196-149-3. s. 76-77
- [20] KRUPKA, F. a Z. HORÁK. *Fyzika – Příručka pro vysoké školy technického směru*. Praha: SNTL/ALFA, 1981.
- [21] RUSEK, M., O. SOLNIČKA a P. BENEŠ. Modelový experiment: Cesta ke zpřesňování běžně uváděných nepřesností ve výuce chemie. In: REGULI, J. Aktuálne trendy vo vyučovaní prírodných vied PdF TU, 2012, s. 102-107.
- [22] PAPÁČEK, M. (2010). Badatelsky orientované přírodovědné vyučování - cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa? *Scientia in educatione*, 1(1), s. 33-49.
- [23] ROCARD, M., et al. (2007). Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe (pp. 28).
- [24] STUHLÍKOVÁ, I. (2010). O badatelsky orientovaném vyučování. In M. Papáček (Ed.), *Didaktik biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování*, České Budějovice (pp. 129-135). Jihočeská Univerzita.
- [25] KLIKORKA, J., B. HÁJEK a J. VOTICKÝ. *Obecná a anorganická chemie*. Praha: SNTL/ALFA, 1989. s. 335
- [26] Zinek. *Periodická tabulka*. [online]. 2009 [cit. 2015-06-21]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/30.html>
- [27] VŠCHT PRAHA. *Rozpouštění kovů v kyselinách*. [online] [cit. 2015-07-01] Dostupné z: http://old.vscht.cz/ach/pub/ReseneUlohy-5D-Rozpousteni_kovu_v_kyselinach.pdf

9 Seznam obrázků

Obrázek 1 Nerezová teplotní sonda – PASCO.....	10
Obrázek 2 Molekulové modely – CONATEX	11
Obrázek 3 USB teploměr - Vernier.....	12
Obrázek 4 Bodové teplotní čidlo - Vernier	13
Obrázek 5 Senzor oxidačně-redukčních potenciálů - Vernier.....	14
Obrázek 6 Termočlánek - Vernier.....	14
Obrázek 7 Čidlo tlaku - Vernier	15
Obrázek 8 Spektrofotometr - Vernier	16
Obrázek 9 GO!Link - Vernier	17
Obrázek 10 LabQuest 2 - Vernier	18
Obrázek 11 Teorie aktivních srážek.....	23
Obrázek 12 Aktivační energie.....	23
Obrázek 13 Aktivovaný komplex	24
Obrázek 14 Tepelná kapacita kalorimetru	31
Obrázek 15 Krystalizační teplo thiosíranu sodného	33
Obrázek 16 Počátek krystalizace.....	34
Obrázek 17 Před koncem krystalizace	34
Obrázek 18 Tepelná změna chladicí směsi.....	35
Obrázek 19 Vliv látkového množství na tepelném zabarvení reakce	37

10 Seznam grafů

Graf 1 Kyselina sírová o nižší koncentraci.....	41
Graf 2 Kyselina sírová (5%, 50% a 60%).....	41
Graf 3 Kyselina sírová o vyšší koncentraci	42
Graf 4 Srovnání tlaků v uzavřené nádobě.....	43
Graf 5 Srovnání průběhu reakce vybraných koncentrací kyseliny sírové	45

11 Seznam příloh

Příloha č. 1 Tepelná kapacita kalorimetru – pracovní list

Příloha č. 2 Krystalizační teplo – pracovní list

Příloha č. 3 Seznam zpracovaných experimentů u vybraných senzorů Vernier