



# Netradiční pokusy ve výuce přírodních věd

## Diplomová práce

*Studijní program:*

N1407 Chemie

*Studijní obory:*

Učitelství chemie pro 2. stupeň základní školy

Učitelství tělesné výchovy pro 2. stupeň základní školy

*Autor práce:*

**Bc. Jaroslava Šlechtová**

*Vedoucí práce:*

Mgr. Martin Slavík, Ph.D.

Katedra chemie

*Konzultanti práce:*

PhDr. Bořivoj Jodas, Ph.D.

Katedra chemie

Ing. Jan Grégr

Katedra chemie





## Zadání diplomové práce

# Netradiční pokusy ve výuce přírodních věd

*Jméno a příjmení:* Bc. Jaroslava Šlechtová  
*Osobní číslo:* P17000679  
*Studijní program:* N1407 Chemie  
*Studijní obory:* Učitelství chemie pro 2. stupeň základní školy  
Učitelství tělesné výchovy pro 2. stupeň základní školy  
*Zadávací katedra:* Katedra chemie  
*Akademický rok:* 2018/2019

### Zásady pro vypracování:

1. Provést rešerši na zadané téma, zaměřit se na experimenty s mikrovlnným ohřevem.
2. Navrhnout a ověřit experimenty použitelné pro základní a střední školy.
3. Zpracovat pracovní listy využívající aktivizační metody.
4. Pomocí řízeného rozhovoru otestovat použitelnost pracovních listů ve výuce.

*Rozsah grafických prací:*  
*Rozsah pracovní zprávy:*  
*Forma zpracování práce:*  
*Jazyk práce:*

dle potřeby  
40-50 stran  
tištěná  
Čeština



### **Seznam odborné literatury:**

1. ŠULCOVÁ, R. a BÖHMOVÁ, H. Netradiční experimenty z organické a praktické chemie. UK v Praze, PŘF. Praha: 2007. 108 s. ISBN 978-80-86561-81-3.
2. ŠULCOVÁ, R., BÖHMOVÁ, H., STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E. Zajímavé experimenty z chemie kolem nás. Praha: UK v Praze, PŘF 2009. 48 s. ISBN 978-8086561-43-1.
3. Vernier CZ – experimenty [online]. [vid. 2018-11-26]. Dostupné z: <https://www.vernier.cz/experimenty/prehled/oblast/video>.

*Vedoucí práce:*

Mgr. Martin Slavík, Ph.D.  
Katedra chemie

*Konzultanti práce:*

PhDr. Bořivoj Jodas, Ph.D.  
Katedra chemie  
Ing. Jan Grégr  
Katedra chemie

*Datum zadání práce:*

26. listopadu 2018

*Předpokládaný termín odevzdání:*

15. dubna 2020

prof. RNDr. Jan Pícek, CSc.  
děkan

L.S.

prof. Ing. Josef Šedlbauer, Ph.D.  
vedoucí katedry

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

30. června 2020

Bc. Jaroslava Šlechtová

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala Mgr. Martinu Slavíkovi, Ph.D., za mimořádnou spolupráci a všestrannou pomoc při vedení diplomové práce, a dále za cenné připomínky a věcné rady konzultantům PhDr. Bořivoji Jodasovi, Ph.D., a Ing. Janu Grégrovi. Díky vstřícnosti RNDr. Evy Bielikové ze ZŠ Lesní Liberec bylo možné zrealizovat distanční projekt. Ing. Pavlu Kejzlarovi, Ph.D., vděčím za snímky tuhy ze skenovacího elektronového mikroskopu.

## **Anotace**

Diplomová práce se zabývá návrhem a ověřením netradičních pokusů ve výuce přírodních věd použitelných pro základní a střední školy. Zaměřuje se zejména na experimenty s mikrovlnným ohřevem, z nichž čtyři nejvhodnější jsou vybrány pro skupinovou experimentální činnost žáků v rámci projektového dne mimo školu. Plán projektového dne zahrnuje další dva efektní demonstrační pokusy bez použití mikrovlnné trouby, dokládající hoření a další významné vlastnosti alkanů. Ke všem pokusům projektového dne jsou vytvořeny pracovní návody, dále pracovní listy založené na aktivizujících metodách a pro pedagogy podrobné metodické listy. Pracovní návody ostatních experimentů s využitím mikrovlnné trouby jsou též doprovázeny metodickými listy, včetně stručného zhodnocení každého pokusu. Vzhledem k uzavření škol z vážných epidemiologických důvodů nemohla být použitelnost pracovních listů ve výuce otestována. Závěrečná část práce se proto věnuje přípravě, realizaci a vyhodnocení náhradního distančního projektu, sestávajícího ze dvou osobně natočených videopokusů a zjednodušených pracovních listů, vyhotovených v programové aplikaci Wizer.me a zprostředkovaných žákům 9. ročníku Základní školy Lesní Liberec pomocí nástrojů distanční výuky.

## **Klíčová slova:**

Aktivizující metody, mikrovlnná trouba, mikrovlnný ohřev, netradiční pokusy, projektový den, pracovní listy.

## **Summary**

The Diploma Thesis deals with the design and verification of non-traditional experiments for teaching Science applicable at Primary and Secondary schools. The work especially focuses on microwave heating experiments. Four of these experiments have been chosen for pupils' group work as a part of an Outside School Project Day. The Project Day's plan involves two more demonstration experiments without using the microwave oven proving burning and other significant properties of alkanes. Work instructions for all the Project Day's experiments have been made as well as activating methods based worksheets. Detailed methodological sheets for teachers have been written. The work instructions of the extra experiments using the microwave oven have also been followed by the methodological sheets including a brief evaluation of each experiment. The practicability of worksheets couldn't have been tested in the lessons because of the School Closure for serious epidemiological reasons. The work's final part has been engaged in preparation, realization and evaluation of a replacement distance project, consisting of two video-experiments recorded. Simplified worksheets made in Wizer.me Application have been mediated to pupils of Year 9 at Základní škola Lesní Liberec using Distance Learning tools.

## **Keywords:**

Activating methods, microwave oven, microwave heating, non-traditional experiments, project day, worksheets.

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>7</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>9</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>10</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK</b> .....	<b>11</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>12</b>
<b>1 TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>14</b>
1.1 Postavení přírodních věd v rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání .....	14
1.1.1 Vymezení Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání v systému kurikulárních dokumentů .....	14
1.1.2 Začlenění přírodních věd do Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání .....	14
1.2 Chemický pokus ve výuce chemie .....	15
1.2.1 Klasifikace chemických pokusů .....	15
1.2.2 Základní funkce pokusů ve výuce chemie .....	16
1.2.3 Struktura chemického pokusu ve výuce chemie .....	17
1.3 Bezpečnost práce při školních chemických pokusech .....	19
1.3.1 Bezpečnost při nakládání s chemickými látkami na základních školách .....	19
1.3.2 Právní předpisy upravující nakládání s chemickými látkami .....	20
1.3.3 Klasifikace a označování nebezpečných chemických látek a směsí .....	22
1.3.4 Likvidace odpadů .....	22
1.3.5 První pomoc při úrazech v chemické laboratoři nebo při realizaci chemických pokusů .....	23
1.4 Mikrovlnný ohřev .....	24
1.4.1 Definice mikrovlnného záření .....	24
1.4.2 Historie mikrovln .....	27
1.4.3 Mikrovlnná trouba .....	28
1.4.4 Mikrovlnný ohřev .....	31
1.4.5 Využití mikrovlnného ohřevu .....	32
1.4.6 Ne/bezpečnost používání mikrovlnné trouby .....	34



<b>2</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>35</b>
2.1	Cíle práce .....	35
2.2	Netradiční pokusy v mikrovlnné troubě .....	35
2.2.1	Členění netradičních pokusů v mikrovlnné troubě.....	36
2.2.2	Pracovní návody a metodické listy k pokusům v mikrovlnné troubě.....	38
2.3	Projektový den mimo školu.....	38
2.3.1	Cíl a charakteristika šablony.....	39
2.3.2	Podrobná specifikace šablony .....	40
2.3.3	Plánovaná realizace projektového dne mimo školu .....	41
2.3.4	Plán projektového dne mimo školu .....	41
2.4	Pokusy projektového dne mimo školu .....	45
	Butanové divadlo .....	47
	Rozpouštění tuků s různým obsahem vody.....	60
	Mikrovlnná syntéza rubínového prášku .....	66
	Ohřívání dvoufázového systému.....	72
	Důkaz redukujících sacharidů.....	79
2.5	Distanční projekt.....	85
2.5.1	Charakteristika projektu .....	85
2.5.2	Metody použité ke zjišťování dat .....	85
2.5.3	Pracovní list k pokusu „Butanové divadlo“ .....	87
2.5.4	Pracovní list k pokusu „Hořící ruce“ .....	88
2.6	Výsledky a vyhodnocení distančního projektu .....	89
2.6.1	Účast žáků v distančním projektu.....	90
2.6.2	Výsledky a vyhodnocení pracovních listů „Butanové divadlo“ .....	92
2.6.3	Výsledky a vyhodnocení pracovních listů na téma „Hořící ruce“ .....	97
2.7	Závěr .....	103
<b>3</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....</b>	<b>107</b>
<b>4</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>111</b>

# Seznam obrázků

Obrázek 1: <i>Elektromagnetické spektrum</i> .....	24
Obrázek 2: <i>Elektromagnetická vlna</i> .....	26
Obrázek 3: <i>Percy Spencer</i> .....	27
Obrázek 4: <i>První mikrovlnná trouba</i> .....	27
Obrázek 5: <i>Části mikrovlnné trouby</i> .....	28
Obrázek 6: <i>Mikrovlnná trouba</i> .....	28
Obrázek 7: <i>Magnetron</i> .....	29
Obrázek 8: <i>Průřez obecným magnetronem 1</i> .....	30
Obrázek 9: <i>Průřez obecným magnetronem 2</i> .....	31
Obrázek 10: <i>Chování látek pod mikrovlnným zářením (v pořadí 1., 2., 3.)</i> .....	31
Obrázek 11: <i>Elektrický dipól v molekule vody</i> .....	31
Obrázek 12: <i>Butanové divadlo</i> .....	52
Obrázek 13: <i>Hoření zemního plynu a butanu</i> .....	59
Obrázek 14: <i>Rozpouštění tuků před a po</i> .....	66
Obrázek 15: <i>Rubínový prášek a jeho fluorescence</i> .....	72
Obrázek 16: <i>Ohřívání dvoufázového systému na plotýnce vařiče a v mikrovlnné troubě</i> .....	78
Obrázek 17: <i>Důkaz redukujících sacharidů před a po</i> .....	85
Obrázek 18: <i>Účastníci podle pohlaví a třídy</i> .....	90
Obrázek 19: <i>Účastníci podle výsledné známky z chemie a třídy</i> .....	91
Obrázek 20: <i>Účastníci podle výsledné známky z chemie a pohlaví</i> .....	92
Obrázek 21: <i>Počty neúspěšných řešitelů podle jednotlivých otázek – Butanové divadlo</i> .....	94
Obrázek 22: <i>Procentuální úspěšnost žáků podle výsledné známky z chemie a pohlaví</i> .....	95
Obrázek 23: <i>Procentuální úspěšnost žáků podle třídy a pohlaví</i> .....	96
Obrázek 24: <i>Závislost dosaženého počtu bodů žáků na čase – Butanové divadlo</i> .....	96
Obrázek 25: <i>Spokojenost s projektem Butanové divadlo podle pohlaví a známek z chemie</i> .....	97
Obrázek 26: <i>Úspěšnost testu Hořící ruce podle známky</i> .....	99
Obrázek 27: <i>Průměrný čas na vypracování testu Hořící ruce podle známky</i> .....	100
Obrázek 28: <i>Počty neúspěšných řešitelů podle jednotlivých otázek – Hořící ruce</i> .....	101
Obrázek 29: <i>Závislost dosaženého počtu bodů žáků na čase – Hořící ruce</i> .....	102
Obrázek 30: <i>Spokojenost s projektem Hořící ruce podle pohlaví a známek z chemie</i> .....	102
Obrázek 31: <i>Mýdlo v den výroby a po 14 dnech</i> .....	116
Obrázek 32: <i>Esterifikace před a po</i> .....	120
Obrázek 33: <i>Pokusy s alobalem</i> .....	124
Obrázek 34: <i>Důkaz nehomogenity mikrovlnného pole</i> .....	129
Obrázek 35: <i>Sušení květin v mikrovlnné troubě</i> .....	134
Obrázek 36: <i>Úsporná žárovka v mikrovlnné troubě</i> .....	138
Obrázek 37: <i>Tuha v mikrovlnné troubě</i> .....	141

Obrázek 38 SEM snímek tuhy před umístěním do mikrovlnné trouby.....	142
Obrázek 39 SEM snímek spálené tuhy po umístění do mikrovlnné trouby.....	142
Obrázek 39: Nafukovací balónek v mikrovlnné troubě .....	145
Obrázek 40: Utajený var.....	148
Obrázek 41: GST forma .....	152
Obrázek 42: Výroba skla v mikrovlnné troubě .....	156
Obrázek 43: Výroba mosazi v mikrovlnné troubě .....	160

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Označení kmitočtových pásem .....	25
Tabulka 2: Označení mikrovlnné části frekvenčního spektra dle IEEE .....	25
Tabulka 3: Technické údaje a parametry mikrovlnné trouby.....	38
Tabulka 4: Stručný harmonogram projektového dne mimo školu.....	45
Tabulka 5: Počet žáků navštěvujících tříd a účastnících se projektu .....	90
Tabulka 6: Přehled průměrných hodnot z pracovních listů „Butanové divadlo“ .....	92
Tabulka 7: Přehled průměrných hodnot z pracovních listů „Hořící ruce“ .....	97

## Seznam zkratek

AV ČR	Akademie věd České republiky
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
ESIF	Evropské strukturální a investiční fondy
GST	<i>Graphit-Suszeptor-Tiegel-Technik</i>
IR	Infračervené záření
MŠ	Mateřská škola
MT	Mikrovlnná trouba
NCHLS	Nebezpečné chemické látky a směsi
NIDV	Národní institut pro další vzdělávání
OP VVV	Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
RVP	Rámcový vzdělávací program
RVP ZV	Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání
ŠVP	Školní vzdělávací program
ZŠ	Základní škola
ZUŠ	Základní umělecká škola

# Úvod

Svět a život kolem nás je neuvěřitelně pestrý a pozoruhodný. Nabízí nekonečnou škálu možností pro jeho zkoumání, objevování a hledání odpovědí na stále nové nebo nezodpovězené otázky. Přestože na spoustu otázek už odpovědi nalezeny byly, ledačos se nachází teprve ve stádiu bádání a hypotéz, ale nepochybně existuje ještě plno tajemství a záhad, která na své odhalení a vysvětlení teprve čekají. Je velice pravděpodobné, že mnohé z tohoto bohatství navždy zůstane lidskému poznání utajeno. Kdyby ovšem těchto tajů nebylo, neexistoval by ani hybný mechanismus, který by člověka popoháněl vpřed. Život by postrádal náboj a naplnění. Zvědavost je přirozenou vlastností každého jedince, záleží však velmi mnoho na sociálním prostředí, které ho obklopuje, do jaké míry je tato vlastnost podporována a rozvíjena. V prvních letech života by podněty měly přicházet zejména od rodiny, v níž dítě vyrůstá. Již v tomto období je obzvláště důležité neodbyvat a neodstrkovat děti, když se ptají na cokoli. Je pochopitelné, že nikdo nemůže vědět všechno, současná moderní technická doba však poskytuje ohromné možnosti, jak a kde odpovědi na všetečné otázky najít. Pokud by se dětská zvědavost tímto způsobem už od útlého věku potlačovala, přestaly by se děti ptát, a tím i zajímat o něco neznámého, protože by propříště předpokládaly, že se odpovědi stejně nedočkají. A to by bylo velkou chybou pro jejich další vývoj a životní budoucnost, nejenom jejich vlastní, ale celé společnosti. Jakmile nabere výchova a vzdělávání institucionálního charakteru, začínají se často nejbližší vychovávající osoby spoléhat právě na působení těchto institucí, že se jejich prostřednictvím děti se vším potřebným pro život seznámí a „všemu je naučí“. Na tomto místě je nutné podotknout, že právě přírodní vědy jsou tím prvotním, s čím ve svém životě přicházejí děti do kontaktu a vstupují do vztahů. Souvisí s jejich přímými fyzickými zkušenostmi, s vnímáním jejich hmatatelného okolí, které se představuje v podobě osob, předmětů a jevů, které zkoumají nejprve svými smysly.

Podstatnou úlohu ve výchově a vzdělávání člověka, a tudíž v jeho všestranném rozvoji, sehrává škola. V dnešní době disponuje širokou škálou výchovně-vzdělávacích prostředků, v jejichž volbě má patřičnou míru svobody, proto může nabízet mnoho příležitostí, jak podchytit potřeby a zájmy žáků a ovlivnit jejich postoje a hodnoty. V oblasti přírodních věd je třeba klást hlavní důraz na badatelské aktivity žáků, spočívající zejména v dovednostně-praktických metodách, aktivizujících metodách heuristických a diskuzních, řešení problémových úloh, tvořivé činnosti a v neposlední řadě kritickém myšlení. Aktivní přístup žáků by měl budovat jejich zvědavost, touhu po objevování, tvoření, myšlení, formulaci názorů a hypotéz, dovednosti je obhájit a ověřit, ale též připustit možnost omylu, nezdaru nebo chyby a nenechat se tím odradit. Současně je nezbytné vést žáky ke spolupráci a komunikaci, toleranci názorů a myšlenek druhých, ale též k samostatnosti v rozhodování a konání a zodpovědnosti za odvedenou práci. Všechny tyto aspekty jsem se snažila zohlednit v této diplomové práci, která se zaměřuje na netradiční experimenty v přírodních vědách, využitelné při výuce na základních i středních školách. Vzhledem k mému několikaletému působení na základní škole se ve své praktické části diplomové práce

orientuji na výuku na základní škole, čemuž přizpůsobuji i didaktický přístup. Charakter pokusů je zejména chemicko-fyzikální, nelze však opomenout jejich provázanost i s dalšími přírodovědnými předměty jako je přírodopis, příp. matematika. Netradičnost experimentů je dána dvěma základními faktory. Jednak se většina z nich provádí s použitím mikrovlnné trouby, jednak se při jejich realizaci, objasňování a vyhodnocování uplatňují výše jmenované „moderní“ výukové metody. Pokusy jsou rozčleněny do několika kategorií podle uplatňovaných výukových forem a metod a též jejich časové náročnosti. Jádrem diplomové práce je šest pokusů, které jsou součástí projektového dne mimo školu a k nimž žáci vypracovávají ve skupinách pracovní listy. Úvodní a závěrečný pokus projektového dne jsou jediné dva pokusy, při nichž se nepoužívá mikrovlnná trouba a které mají motivační charakter ve smyslu zaujmout na počátku projektového dne a odpočinout si od vlastního experimentování na závěr projektového dne. Přesto jsou oba následovány vyplňováním pracovních listů, tentokrát formou individuální. Vzhledem k nepředvídatelné a naprosto neočekávané mimořádné epidemiologické situaci v České republice, potažmo na celém světě, se nemohl projektový den mimo školu uskutečnit. Tohoto projektového dne se měli účastnit žáci 9. ročníku ZŠ Kobyly, kde v současné době vyučují předmětům chemie a matematika. Proto bylo nutné přistoupit k náhradnímu řešení v distanční podobě, která ve druhém pololetí školního roku 2019/2020 nabyla velkého významu a převratných změn ve vyučovacích metodách a formách. Z projektovaných pokusů nebylo možné realizovat „na dálku“ prakticky žádný z pokusů s mikrovlnnou troubou. Domácí práce žáků byla především z důvodu bezpečnosti při použití mikrovlnné trouby, ale i nedostupnosti požadovaných pomůcek a chemikálií vyloučená. Pro náhradní „distanční projektový den“ zůstaly vhodné pouze dva pokusy bez použití mikrovlnné trouby. Tyto dva pokusy jsem s pomocí vedoucího práce přetvořila do podoby videonahrávek a spolu s několika zajímavými otázkami a úkoly rozeslala žákům 9. ročníku ZŠ Lesní v Liberci ke zhlédnutí a zpracování. Z mého pohledu se jedná o zcela novou, ojedinělou a netradiční formu badatelské práce žáků, založenou pouze na pozorování. Jedině na jeho základě žáci posuzují, analyzují, zpracovávají a vyhodnocují zhlédnuté pokusy. Tento charakter distanční projektované výuky dodal nakonec mé diplomové práci nečekaný a jedinečný znak netradičnosti.

# 1 Teoretická část

## 1.1 Postavení přírodních věd v rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání

### 1.1.1 Vymezení Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání v systému kurikulárních dokumentů

Rámcové vzdělávací programy (dále jen RVP) navazují v systému kurikulárních dokumentů pro vzdělávání žáků od 3 do 19 let na Národní program vzdělávání, který vymezuje počáteční vzdělávání jako celek. Oba dokumenty zastupují státní úroveň vzdělávání. RVP vymezují závazné rámce vzdělávání pro jeho jednotlivé etapy – předškolní, školní a střední vzdělávání. Školní úroveň reprezentují školní vzdělávací programy (dále jen ŠVP), podle nichž probíhá vzdělávání ne jednotlivých školách. ŠVP vytváří každá škola podle zásad stanovených v příslušném RVP a dále podle vlastních podmínek a možností. Národní program vzdělávání, rámcové vzdělávací programy i školní vzdělávací programy jsou veřejné dokumenty přístupné pro pedagogickou i nepedagogickou veřejnost. Základní školy se řídí Rámcovým vzdělávacím programem pro základní vzdělávání (dále jen RVP ZV), jehož původní verze byla vytvořena v roce 2007. Při zpracování ŠVP mohly školy využít tzv. Manuál pro tvorbu školních vzdělávacích programů nebo jiné vhodné metodické materiály. ŠVP jsou plošně uplatňovány na základních školách od školního roku 2007/2008 (RVP ZV, 2017, s. 5 cit. dle Šlechtová, 2017, s. 46–47). RVP ZV je otevřený dokument, který je průběžně inovován podle měnících se potřeb společnosti, zkušeností učitelů s ŠVP, ale i podle měnících se potřeb a zájmů žáků (RVP ZV, 2017, s. 6).

### 1.1.2 Začlenění přírodních věd do Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání

Děti si v RVP ZV jsou přírodovědné předměty pro žáky 2. stupně základního vzdělávání součástí vzdělávací oblasti Člověk a příroda, která obsahuje čtyři vzdělávací obory: Fyzika, Chemie, Přírodopis a Zeměpis. Vzdělávací oblast Člověk a příroda navazuje na vzdělávací oblast Člověk a jeho svět, která je určena pro žáky 1. stupně základního vzdělávání. Obě vzdělávací oblasti na obou stupních nejvíce kooperují se vzdělávacími oblastmi Matematika a její aplikace, Informační a komunikační technologie a Člověk a svět práce.

Ze vzdělávací oblasti Člověk a příroda se diplomová práce nejsilněji opírá o vzdělávací obor Chemie, následně Fyzika, okrajově Přírodopis. Podpurný charakter má vzdělávací oblast Člověk a svět práce. Předpokládanou způsobilost žáků využívat osvojené učivo v praktických situacích a v běžném životě vytyčují očekávané výstupy jmenovaných oblastí.

Vzdělávací obor Chemie je rozdělen do sedmi částí, a to: Pozorování, pokus a bezpečnost práce; Směsi; Částicové složení látek a chemické prvky; Chemické reakce; Anorganické sloučeniny; Organické sloučeniny; Chemie a společnost. Vzdelávací obor Fyzika se člení také do sedmi částí: Látky a tělesa; Pohyb těles, síly; Mechanické vlastnosti tekutin; Energie; Zvukové děje; Elektromagnetické a světelné děje; Vesmír.

Vzdělávací obor Přírodopis se netradičních pokusů v diplomové práci dotýká zejména částí s názvem Neživá příroda. Vzdelávací oblast Člověk a svět práce poskytuje přírodovědným předmětům oporu především tematickým okruhem Práce s laboratorní technikou. Mezi jeho očekávané výstupy patří nejenom základní laboratorní postupy a metody, laboratorní přístroje, zařízení a pomůcky, ale také pravidla bezpečné práce a ochrany životního prostředí při experimentální práci a poskytnutí první pomoci při úrazu v laboratoři (RVP ZV, 2017).

## 1.2 Chemický pokus ve výuce chemie

### 1.2.1 Klasifikace chemických pokusů

Chemický pokus jakožto tradiční zástupce názorně-demonstračních i dovednostně- praktických metod, ale zároveň aktivizujících metod, lze klasifikovat podle různých hledisek. Ve výuce chemie na základní škole se nejvíce uplatňuje následující dělení (Dušek, 2000, s. 53–56).

#### I. Podle vnějších organizačních forem výuky:

##### 1. Pokus školní

- v třídně vyučovací hodině,
- v laboratorním cvičení,
- ve volitelném cvičení z chemie,
- v zájmovém kroužku.

##### 2. Pokus domácí

- zadaný učitelem,
- z vlastní iniciativy žáka.

#### II. Podle vnitřních forem výuky:

##### 1. Pokus demonstrační

- prováděný učitelem (s účastí nebo bez účasti žáka),
- prováděný žákem.

Demonstrační pokus je možno ve vyučování umístit před výkladem nového učiva, kdy má význam zejména motivační a pro vyvození nových poznatků nebo současně s výkladem učiva, zejména pro pokusy nenáročné na přípravu a provedení nebo po výkladu nového učiva, kdy slouží především jako ilustrace a aplikace probraného učiva či k upevnění nových poznatků. Je méně časově náročný a z hlediska potřebných pomůcek a chemikálií levnější než žákovské pokusy.



## 2. Pokus žakovský

- **frontální** – všichni žáci ve stejnou dobu provádějí stejnou činnost obvykle na základě verbálních instrukcí učitele, a to pomocí nápodoby (učitele či ostatních žáků); vhodný pro jednoduché základní úkony;
- **simultánní** – všichni žáci vykonávají stejné úkoly zpravidla podle písemných instrukcí – pracovních návodů, ale každý žák pracuje svým individuálním tempem; učitel pozoruje, kontroluje, poskytuje rady a pomoc, hodnotí; tento typ rozvíjí samostatnost, aktivitu a zodpovědnost žáků za vlastní práci; vhodný pro úlohy komplexnějšího charakteru (složené z dílčích operací);
- **individuální (zcela individuální nebo dílčí individuální)** – každý žák řeší svůj individuální úkol, odlišný od úkolů ostatních žáků; náročný na přípravu, vybavení, organizaci, kontrolu i hodnocení, proto zřídka používaný na základní škole.

### III. Podle gnoseologického charakteru (tj. z hlediska teorie poznání):

1. **Pokus zjišťující** – zkoumá průběh jevu, jehož výsledek není předem znám.
2. **Pokus ověřující** (potvrzující nebo odporující) – ověřuje nebo vyvrací hypotézu, kterou žák na základě svých dosavadních znalostí a zkušeností vytvoří. Odporující pokus má silnější motivační účinek, neboť u žáků budí otázku, proč se hypotéza nepotvrdila.
3. **Dokládající (ilustrující)** – pouze demonstruje teoretický poznatek z předchozího výkladu. Jeho motivační účinek je slabý.
4. **Pokus problémový** – jako vyšší úroveň zjišťujícího pokusu, kdy žáci pokus nejdříve sami promýšlí, zjišťují potřebné informace a poté teprve provádějí. Učí žáky problémovému myšlení.

#### 1.2.2 Základní funkce pokusů ve výuce chemie

Pokus ve výuce chemie plní následující funkce (Dušek, 2000, s. 60; Čtrnáctová a Halbych, 2006, s. 76–78):

##### I. Z hlediska cílů výuky:

1. **Informativní funkce** – lze chápat jako soubor všech informací (nových poznatků), které žáci v průběhu jednotlivých fází pokusu získávají, a zároveň nových dovedností (nejenom psychomotorických, ale i organizačních, komunikačních aj.).
2. **Formativní funkce** – spočívá ve formování osobnosti žáka prostřednictvím aktivity, kdy se rozvíjejí nejenom jeho charakterové vlastnosti (zejména morálně volní), ale i názory a postoje k praktické činnosti.
3. **Metodologická funkce** – pomáhá seznamovat s poznávacími postupy a metodami, které vedou k získání nových vědomostí, zprostředkovává cestu poznání chemie jako vědy.

##### II. Z hlediska vztahu k jednotlivým fázím výuky:

1. **Motivační funkce** – má za cíl upoutat, vybudit zájem a získat vztah k novému učivu.
2. **Osvojovací** – je založena na řádném rozboru všech informací ve všech fázích pokusu.

3. **Upevňovací** – spočívá v upevňování získaných znalostí a dovedností žáků demonstrací pokusu.
4. **Kontrolní** – souvisí s prokazováním osvojených znalostí a dovedností prostřednictvím realizace pokusu.

### 1.2.3 Struktura chemického pokusu ve výuce chemie

Chemický pokus musí zákonitě procházet několika základními fázemi (Dušek, 2000, s. 56–57; Čtrnáctová a Halbych, 2006, s. 73):

#### 1. fáze – příprava chemického pokusu

Jde o přípravu materiálního i nemateriálního charakteru. Materiální spočívá v přípravě potřebných chemikálií a pomůcek (chemického nádobí a dalších laboratorních pomůcek). Nemateriální přípravou se rozumí jednak připravenost žáků pro porozumění a vlastní realizaci pokusu, tzn. jejich vědomostní a dovedností základna, a jednak pedagogická organizace všech postupně navazujících činností žáků.

#### 2. fáze – provedení a pozorování průběhu chemického pokusu

Jedná se o vlastní průběh pokusu a pozorování probíhajících jevů. Demonstrační pokus se obvykle neobejde bez slovního doprovodu učitele, často za aktivní účasti žáků, např. formou kladení jednoduchých popisných otázek žákům. Žákovský pokus se většinou řídí písemným pracovním návodem.

#### 3. fáze – vyhodnocení a zpracování empirických údajů chemického pokusu

Tato fáze se skládá z popisu pozorovaných jevů, příp. jejich chemického vyjádření (zápisu chemické rovnice, zjištění výtěžku reakce apod.) a z objasnění chemické podstaty pokusu aplikací dosavadních znalostí a zkušeností žáků. Na závěr následuje shrnutí výsledků pokusu, příp. zodpovězení zadaných otázek. Při žákovském pokusu žáci zpravidla zpracovávají záznam o pokusu.

#### Záznam o pokusu

Záznam o pokusu je nedílnou součástí žákovských pokusů. Méně často se k jeho vypracování přistupuje v případě demonstračních pokusů, kdy obvykle následuje spíše diskuze, společné vyvození závěrů a shrnutí prováděné učitelem. Význam záznamu je nezpochybnitelný. Žák se jeho prostřednictvím učí stručnému, výstižnému a přesnému vyjadřování, popisu reality jednak vlastními slovy, jednak chemickou symbolikou, zařazuje získané poznatky do již osvojené soustavy dosavadních poznatků, dále rozvíjí své dovednosti a návyky a získává nové. Žáci na základní škole provádějí záznam:

- **do pracovních sešitů**, kde jsou již předtištěny všechny potřebné informace, otázky, kolonky, tabulky k vyplnění atp.; žáci je většinou odevzdávají ještě v téže vyučovací hodině, ve které proběhl pokus;

- **do předtištěných pracovních listů**, které fungují podobně jako pracovní sešity, tzn. žáci pouze doplňují chybějící informace; žáci je buďto odevzdávají ještě v dané vyučovací hodině, nebo doplňují některé části jako domácí práci (kreslí obrázky, řeší zápis chemické rovnice aj.);
- nebo **vypracovávají laboratorní protokol**, jenž vede žáky k největší samostatnosti a plné zodpovědnosti za odvedenou práci; žáci ho zpracovávají podle předem stanoveného vzoru a odevzdávají zpravidla s časovým odstupem několika dnů; mohou ho psát buď vlastní rukou, nebo k jeho tvorbě využívají počítače, který jim umožní také vkládat obrázky a fotografie, zpracovávat a vyhodnocovat získané údaje v podobě tabulek či grafů atp.  
(Dušek, 2000, s. 67–68)

Ve všech třech případech je velice vhodné si v průběhu pokusu nejdříve zapisovat na pomocný list papíru všechny pozorované jevy (děje, vlastnosti, zvuky atp.) a poté teprve načisto přepisovat požadované údaje přímo do výsledného formátu. Užitečné je také pořizování fotografií z průběhu pokusu, neboť často pomohou připomenout pozorované jevy, zvláště pokud se zpracovává laboratorní protokol.

### **Struktura laboratorního protokolu**

Laboratorní (pracovní) protokol neboli protokol o laboratorní práci by měl obsahovat tyto dílčí části (Beneš aj., 2006, s. 17; Slavík, 2011):

- **identifikační údaje** – jméno, příjmení, ročník, příp. škola;
- **vytyčení cíle** – formulovaného jako úkol nebo úloha;
- **teoretická příprava** – poskytuje stručné teoretické základy a principy pokusu, včetně chemických rovnic figurujících v chemických dějích, příp. stanoví hypotézy o průběhu a výsledcích pokusu; často nazvaná jako teorie nebo princip;
- **materiální příprava** – shromáždí veškeré pomůcky a chemikálie, které budou k pokusu potřeba;
- **pracovní postup** – zaznamenává jednotlivé kroky pokusu, které jsou v souladu s pravidly bezpečnosti práce, příp. doplněné schémata;
- **pozorování a výsledky** – zahrnují dílčí pozorování, označení měřených vzorků, výsledky měření a jejich zpracování (výpočty, tabulky, grafy apod.);
- **závěr a zhodnocení práce** – obsahuje vyhodnocení výsledků a splnění vytyčeného cíle, příp. pokus o vysvětlení rozdílu výsledků s teoretickými předpoklady, celkové zhodnocení práce;
- datum vypracování protokolu a podpisy autorů.

## 1.3 Bezpečnost práce při školních chemických pokusech

Na základních školách je dodržování zásad bezpečnosti a ochrany zdraví hlavním předpokladem realizace výuky v několika vyučovacích předmětech, která mají svá určitá specifika. RVP ZV se bezpečností práce při provádění chemických pokusů zabývá zejména ve vzdělávací oblasti Člověk a příroda, a to ve vzdělávacím oboru Chemie, v první části zvané Pozorování, pokus a bezpečnost práce. Její očekávané výstupy jsou tyto (RVP ZV, 2017, s. 67): Žák

- určí společné a rozdílné vlastnosti látek;
- pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovost; posoudí nebezpečnost vybraných dostupných látek, se kterými zatím pracovat nesmí;
- objasní nejefektivnější jednání v modelových případech havárie s únikem nebezpečných látek.

Základní laboratorní postupy a metody a základní laboratorní přístroje, zařízení a pomůcky jsou v RVP ZV dále součástí očekávaných výstupů vzdělávací oblasti Člověk a svět práce. Pro 2. stupeň se nacházejí v části s názvem Práce s laboratorní technikou. Její očekávané výstupy, které lze považovat za podpůrné pro celou vzdělávací oblast Člověk a příroda, jsou tyto (RVP ZV, 2017, s. 110): Žák

- vybere a prakticky využívá vhodné pracovní postupy, přístroje, zařízení a pomůcky pro konání konkrétních pozorování, měření a experimentů;
- zpracuje protokol o cíli, průběhu a výsledcích své experimentální práce a zformuluje v něm závěry, k nimž dospěl;
- vyhledá v dostupných informačních zdrojích všechny podklady, jež mu co nejlépe pomohou provést danou experimentální práci;
- dodržuje pravidla bezpečné práce a ochrany životního prostředí při experimentální práci;
- poskytne první pomoc při úrazu v laboratoři.

### 1.3.1 Bezpečnost při nakládání s chemickými látkami na základních školách

Přírodní vědy, především fyzika a chemie, jsou neodlučitelně spojeny s experimentováním. Vhodně zvolené pokusy, ať už demonstrační nebo žákovské, ve výuce těchto předmětů hrají významnou roli v motivaci žáků a získání jejich pozornosti a zájmu o daný předmět. Chemie však přináší větší rizika v tom, že je spojena s používáním chemických látek, při němž je nutno se řídit platnou legislativou. Nepřehledná situace, která v této oblasti panuje, mnohé učitele odrazuje od přímé realizace žákovského pokusu, často nahrazovaného buď demonstračním pokusem, nebo chemickým pokusem zprostředkovaným pomocí didaktické techniky (video, DVD, PC). Ovšem důležitým aspektem je také vlastní přístup učitele k výuce, jeho snaha a vůle vtáhnout žáky do problematiky předmětu a aktivovat je prostřednictvím školního pokusu. Po-

kud převažuje přehnaná opatrnost, pohodlnost či nezáměr z jeho strany, těžko lze očekávat zájem a oblibu předmětu u žáků. V opačném případě, tj. pozitivního přístupu ke školnímu experimentování, však musí být dodržovány platné právní předpisy ošetřující nakládání s chemickými látkami na základních školách v průběhu výuky nebo v rámci navazujících aktivit, např. chemický kroužek. Existuje ale ještě další neopomenutelná podmínka pro experimentální část výuky chemie, a to odborná způsobilost učitele, který výuku chemie na základní škole zajišťuje.

**Odborně způsobilá osoba** je vymezena § 44b odst. 1 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, který říká:

Za fyzické osoby odborně způsobilé pro nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a chemickými směsmi klasifikovanými jako vysoce toxické se považují

a) absolventi vysokých škol, kteří:

1. získali vysokoškolské vzdělání v akreditovaném magisterském studijním programu všeobecné lékařství, zubní lékařství nebo stomatologie, farmacie, nebo v akreditovaných magisterských studijních programech v oblasti veterinárního lékařství a hygieny nebo ochrany veřejného zdraví,
2. získali vysokoškolské vzdělání v oblasti oborů chemie,
3. získali vysokoškolské vzdělání v oblasti skupiny učitelských oborů se zaměřením na chemii, nebo
4. získali vysokoškolské vzdělání a mají doklad o absolvování celoživotního vzdělávání v oboru toxikologie,
5. získali vysokoškolské vzdělání v akreditovaném magisterském studijním programu rostlinolékařství nebo ochrana rostlin, popřípadě v rámci programu celoživotního vzdělávání v tomto oboru,

b) fyzické osoby, které mají jiné vzdělání, než je uvedeno v písmenu a), a které se podrobily úspěšné zkoušce odborné způsobilosti a mají osvědčení podle odstavce 4 o odborné způsobilosti k nakládání s chemickými látkami a chemickými směsmi klasifikovanými jako vysoce toxické.

### 1.3.2 Právní předpisy upravující nakládání s chemickými látkami

Na školách se nakládání s chemickými látkami v průběhu výuky nebo v rámci navazujících aktivit řídí platnými právními předpisy vydanými v rámci české legislativy, a zároveň vyhovujícími předpisům (právu) Evropské unie.

Z evropské legislativy jde zejména o právní předpisy:

- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008, o *klasifikaci, označování a balení látek a směsí*, v platném znění (*nařízení CLP*) – (z angl. *Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures*). Obsahově velice podrobný předpis zavádí v celé EU nový systém klasifikace a označování chemických látek, kterým dochází ke sladění le-

gislativy Evropské unie se systémem Organizace spojených národů pro identifikaci nebezpečných chemikálií a informování uživatelů o těchto nebezpečích, tzv. Globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií (UN GHS).

- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006/ES (REACH), o *registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek*, v platném znění. Na základě tohoto nařízení jsou tvořeny bezpečnostní listy, které uvádějí soubor identifikačních údajů o nebezpečné chemické látce nebo přípravku, o výrobcí/dovozci a údajů potřebných pro ochranu zdraví člověka nebo životního prostředí.

Z české legislativy se jedná např. o tyto právní předpisy:

- Zákon č. 258/2000 Sb., o *ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů*, ve znění pozdějších předpisů. Nakládání s nebezpečnými chemickými látkami řeší díl 8, § 44a a výše zmíněnou odbornou způsobilost § 44b.
- Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 185/2001 Sb., o *odpadech a změně některých dalších zákonů*, ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 61/2018 Sb., o seznamu nebezpečných chemických látek, směsí a prachů a podmínkách nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a směsmi a podmínkách výkonu činností spojených s nebezpečnou expozicí prachů.
- ČSN EN 71-4 Bezpečnost hraček – Část 4: Soupravy pro chemické pokusy a podobné činnosti.
- ČSN 01 8003 *Zásady pro bezpečnou práci v chemických laboratořích*. Norma vydaná v roce 2002 vymezuje obecné požadavky na vybavení a práci v laboratoři, definuje pravidla práce s jednotlivými kategoriemi nebezpečným chemických látek, jejich skladování a likvidaci odpadů. Nově se též vztahuje na školní laboratoře a jejich zázemí (např. příruční sklady).

Podle normy ČSN 01 8003 musí být laboratoř vybavena:

- osobními ochrannými pracovními prostředky,
- hasicími prostředky,
- prostředky pro poskytnutí předlékařské první pomoci,
- přívodem pitné vody,
- vhodnou přenosnou svítilnou (pokud tam není zřízeno nouzové osvětlení)
- a asanačními a neutralizačními prostředky podle charakteru vykonávané práce.

Jelikož běžné učebny chemie na základních a středních školách těmto kritériím nevyhovují, neměly by zde být experimenty s NCHLS vůbec prováděny.

Dále musí škola v laboratoři zajistit, aby:

- Zařízení, přístroje a pomůcky byly udržovány v provozuschopném a bezpečném stavu.

- Při práci, během které může dojít k úniku nebezpečných látek do ovzduší, bylo použito odsávání.
- Únikové cesty a manipulační prostory, uzávěry vod, plynu a elektrického proudu byly trvale volné.
- Laboratorní nádobí nebylo používáno na jídlo, pití ani pro přechování potravin.
- Byl dodržován zákaz konzumace jídla, pití a kouření apod.

Norma dále kategoricky stanoví, že ve školní laboratoři mohou nezletilí žáci a nezletilí studenti provádět laboratorní práce pouze pod přímým soustavným dohledem odpovědné osoby, což je osoba starší 18 let určená zpravidla ředitelem školy k zajištění bezpečného provozu školní laboratoře v souladu s platným provozním řádem laboratoře. Jedním z ustanovení této normy také je, že žáci, kteří ještě nedosáhli 15 let věku, mohou ve školní laboratoři pracovat pouze s potravinami nebo běžně dostupnými přípravky, jejichž používání nebo prodej není nijak omezen. Totéž platí i pro výrobky, které sice obsahují nějakou nebezpečnou látku, ale nejsou považovány za nebezpečnou chemickou směs, s níž by nesměla přijít do styku široká veřejnost (např. citrónová šťáva, ocet, potravinářské oleje, škrob, cukr, kuchyňská sůl, soda apod.) (Skřehot aj., 2016; Holzhauser aj., 2019; Skřehot a Skřehotová, 2019).

Je třeba zdůraznit, že pokud mají žáci základních a středních škol právním předpisem stanovený zákaz nakládat či pracovat s určitými chemickými látkami a směsmi, neznamená to, že tyto látky nesmí být přítomné ve školním kabinetu chemie nebo skladu chemikálií. Učitel chemie může při dodržení všech zásad (ochranné pomůcky, odtah atd.) nakládat se všemi chemickými látkami a může je tedy používat pro demonstrační pokusy, kdy jsou žáci pouze v roli diváků (Holzhauser aj., 2019, s. 103).

### **1.3.3 Klasifikace a označování nebezpečných chemických látek a směsí**

Problematika řešena na webových stránkách: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/navrh-narizeni-ghs-o-klasifikaci-a-oznacovani-latek-a-smesi-1> (Trávníčková, 2020).

### **1.3.4 Likvidace odpadů**

Po skončení práce v laboratoři je třeba zlikvidovat laboratorní odpad a zbytky chemikálií. Vždy před likvidací odpadu nutno zvážit, zda jej celý nebo alespoň část nelze znovu použít nebo regenerovat (např. použití zbytků kovů s výjimkou kovů alkalických, redukce málo reaktivních kovů z jejich sloučenin). Zbytky alkalických kovů se likvidují působením ethanolu v digestoři. Také zbytky hořlavých a výbušných látek se ihned likvidují.

Pro pevný odpad se používají nejméně dvě kovové odpadní nádoby s výrazným označením – jedna na sklo, druhá na ostatní odpad. Kapalné nejedovaté chemikálie je možné vylévat do laboratorních výlevek jen jako velmi zředěné roztoky, tj. nejlépe pomalým přidáváním do proudu studené vody. Objem vylévaného odpadu by neměl přesáhnout 0,5 l. Kapaliny, které se s vodou nemísí, jedy a výbušné látky se do odpadu vylévat nesmějí. Také není dovoleno vylévat laboratorní odpad do umyvadel, WC mís a dalších hygienických zařízení. Zbytky organických

rozpouštědel nemísitelných s vodou se shromažďují v označených nádobách. Také zbytky jedů se shromažďují ve zvláštních nádobách a předávají k likvidaci (Čtrnáctová a Halbych, 2006, s. 64).

### **1.3.5 První pomoc při úrazech v chemické laboratoři nebo při realizaci chemických pokusů**

Provádění chemických nebo fyzikálně-chemických pokusů s sebou přináší také rizika různých úrazů, a to i přes veškerou opatrnost a snahu dodržovat pravidla bezpečnosti a hygieny práce. Tato rizika vyplývají z nebezpečí, která souvisí zejména s používáním různých chemikálií, laboratorních pomůcek a zařízení. Jedná se zejména o nebezpečí výbuchu, prudké oxidace, ohně, otravy, poleptání, poranění sklem a nebezpečí poranění při používání ostatních pomůcek a přístrojů. Každý žák je povinen nahlásit jakýkoliv i menší úraz svému učiteli, který má za povinnost jej následně zapsat do knihy úrazů. Při všech úrazech je zapotřebí zajistit postiženému klid, zabránit podchlazení (např. zabalením do přikrývky) a v případě vážnějších úrazů nutno neprodleně přivolat lékařskou pomoc.

#### **První pomoc při stavech ohrožujících život – vždy nejdříve provádět resuscitaci postiženého:**

- pokud postižený nedýchá – okamžitě zahájit umělé dýchání;
- při zástavě srdce – okamžitě zahájit nepřímou masáž srdce;
- při bezvědomí – uložit postiženého do stabilizované polohy na boku, nevyvolávat zvracení, nepodávat nic ústy.

#### **První pomoc při otravách – vždy nejprve snížit koncentraci škodliviny:**

- při styku s pokožkou – znečištěný oděv a boty neprodleně odstranit, potřísněnou kůži alespoň 15 minut omývat vodou;
- při nadýchání – zajistit přívod čerstvého vzduchu, umístit postiženého do stabilizované polohy na bok;
- při zasažení očí – vyplachovat proudem vody od vnitřního k zevnímu koutku alespoň 15 minut;
- při požití – nenutit ke zvracení, ústa vypláchnout vodou a vypít asi 2 dl vody × pro jedy, které nejsou žíravé – vypít velké množství vody a vyvolat zvracení.

**První pomoc při popálení** – uhasit všemi dostupnými prostředky oheň a odstranit hořlavé a zápalné látky z bezprostředního okolí nebo zamezit působení horké škodliviny (horká voda a pára):

- při popálení zvláště přilnavými látkami (plasty, dehet apod.) – okamžitě polít postižená místa studenou vodou nebo je ponořit do studené vody, z popálené plochy nestrhávat oděv ani



neodstraňovat pevné látky, odstranit pouze žhavé a volně položené předměty, popálenou plochu ničím nezasypávat a nepotírat, pouze krýt po ochlazení čistým sterilním obvazem;

- při popálení očí – vypláchnout opakovaně čistou vodou;
- při vdechnutí horkých par – vypláchnout ústa, případně se napít studené vody.

#### **První pomoc při otevřených poraněních – zastavit krvácení a předejít infekci rány:**

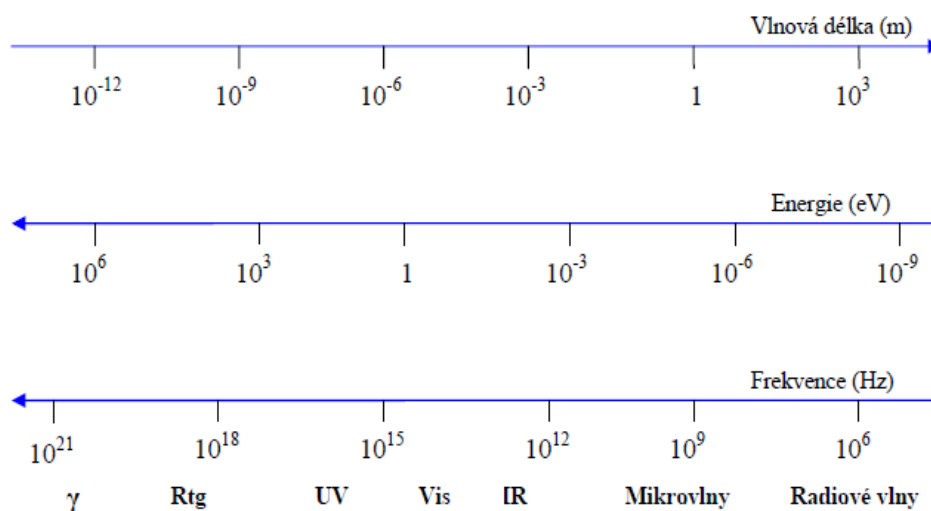
- drobné rány – umýt proudem vody a sterilně ošetřit (např. rychloobvazem)
- rozsáhlejší poranění – zastavit krvácení tlakovým obvazem, výjimečně škrtidlem;
- poranění očí – oči převázat sterilním obvazem s měkkou podložkou, a tím zabránit pohybu víčka, do poraněného oka nikdy nezasahovat, zaseknutý předmět nikdy nevytahovat.

(Čtrnáctová a Halbych, 2006, s. 64–65; Slavík, 2011)

## **1.4 Mikrovlnný ohřev**

### **1.4.1 Definice mikrovlnného záření**

Mikrovlnné záření je elektromagnetické záření s frekvencí v rozmezí od 300 MHz do 300 GHz, což odpovídá vlnové délce od 1 m do 1 mm. V elektromagnetickém spektru se mikrovlnné záření nachází mezi infračerveným zářením (IR), a to směrem k vyšším frekvencím, a radiovými vlnami, směrem k nižším frekvencím (Círka aj., 2019, s. 3).



**Obrázek 1: Elektromagnetické spektrum**

(Círka aj., 2019, s. 3)

Mikrovlnné elektromagnetické spektrum se dále rozděluje dle norem IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers* – založen 1963, sídlo v USA ve státě New Jersey) do kmitočtových pásem (Círka aj., 2019, s. 3).

**Tabulka 1: Označení kmitočtových pásem***(Vrba, 2007, s. 5; Církva aj., 2019, s. 3)*

Označení pásma	P	L	S	C	X	Ku	K	Ka	Q	U	V	W
Frekvence [GHz]	0,2–1	1–2	2–4	4–8	8–12	12–18	18–26	26–40	30–50	40–60	46–56	56–100

Oblast mikrovlnné techniky však postihuje kmitočtové pásmo až do 3 THz, což odpovídá vlnové délce 0,1 mm. Mikrovlnné kmitočtové pásmo se často rozděluje na tato dílčí pásma, odpovídající daným intervalům frekvencí (Vrba, 2007, s. 5):

- decimetrové vlny (300 MHz–3 GHz)
- centimetrové vlny (3 GHz–30 GHz)
- milimetrové vlny (30 GHz–300 GHz)
- submilimetrové vlny (300 GHz–3 THz)

Mikrovlnná část frekvenčního spektra se podle doporučení IEEE rozděluje následovně:

**Tabulka 2: Označení mikrovlnné části frekvenčního spektra dle IEEE***(Vrba, 2007, s. 5)*

Označení frekvenčního pásma	Název frekvenčního pásma	Frekvence	Vlnová délka
UHF	Ultra High Frequency	300–3000 MHz	100–10 cm
SHF	Super High Frequency	3–30 GHz	10–1 cm
EHF	Extreme High Frequency	30–300 GHz	1–0,1 cm
	Decimillimeter	300–3000 GHz	1–0,1 mm

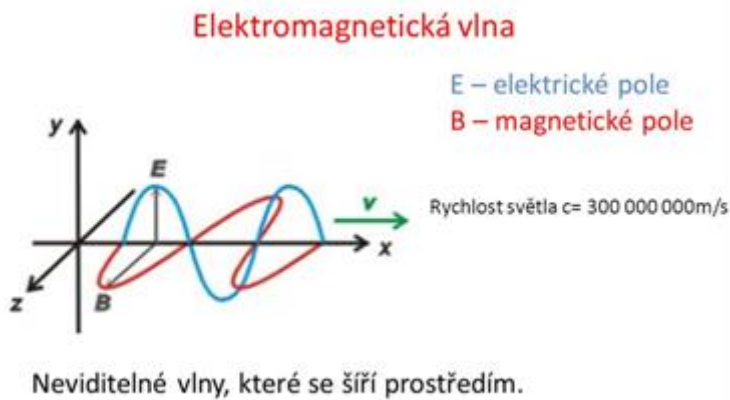
### Elektromagnetické vlnění

Elektromagnetickým vlněním se nazývá proces vzájemných neustálých přeměn elektrického a magnetického pole šířící se prostorem. Zkoumá ho obor fyziky zvaný elektrodynamika. Existenci elektromagnetických vln objevil na počátku 30. let 19. století anglický fyzik Michael Faraday. Jeho myšlenky prohloubil a v roce 1865 zformuloval do matematické podoby skotský fyzik James Clerk Maxwell, jenž dokázal teoreticky popsat elektromagnetické pole pomocí svých rovnic, zvaných Maxwellovy rovnice. Fyzikální realitu elektromagnetických vln potvrdil teprve v roce 1887 německý fyzik Heinrich Rudolf Hertz, který zároveň prozkoumal zákony jejich šíření, odrazu, polarizace a lomu. V roce 1893 dokázal, že elektromagnetické vlny se ve vakuu šíří rychlostí světla  $c$ .

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = \frac{1}{\sqrt{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 4 \pi \cdot 10^{-7}}} = \frac{1}{\sqrt{11 \cdot 10^{-18}}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

kde  $\epsilon_0$  je relativní permitivita vakua a  $\mu_0$  relativní permeabilita vakua.

(Maher, 2018; Vitouchová, 2013)



**Obrázek 2: Elektromagnetická vlna**

ŠVEC., nedatováno. Elektromagnetické záření, <http://images.app.goo.gl/pp4EuFs1JLCTQicN7>

Elektromagnetická vlna má dvě navzájem neoddělitelné složky – *elektrickou*, popsanou vektorem intenzity elektrického pole  $\mathbf{E}$ , a *magnetickou*, popsanou vektorem magnetické indukce  $\mathbf{B}$ . Na obrázku elektromagnetická vlna postupuje v kladném směru osy  $x$ , vektor intenzity elektrického pole se zobrazuje na ose  $y$  a vektor magnetické indukce na ose  $z$ . Obě složky dohromady vytvářejí jediné elektromagnetické pole. Vektory  $\mathbf{E}$  a  $\mathbf{B}$  jsou navzájem kolmé a zároveň jsou kolmé ke směru šíření vlnění, což znamená, že každé elektromagnetické vlnění je vlnění příčné. Jinak řečeno, kmity probíhají napříč ke směru, kterým se vlnění šíří. Elektromagnetická vlna je lineárně polarizována, tzn. že směr vektorů  $\mathbf{E}$  a  $\mathbf{B}$  se nemění. Vlnění vyzařované dipólem je polarizováno tak, že vektor  $\mathbf{E}$  leží v rovině dipólu a vektor  $\mathbf{B}$  v rovině kolmé k dipólu. Oba vektory nabývají svých maximálních (a minimálních) hodnot ve stejném okamžiku.

Rychlost šíření elektromagnetického vlnění závisí na prostředí, jímž se vlnění šíří. V technické praxi se elektromagnetickým vlněním rozumí přenos elektromagnetické energie od zdroje ke spotřebiči. Zdrojem jsou zejména elektromagnetické oscilátory. Jedná se o zařízení, jejichž základními součástmi jsou cívka a kondenzátor. V oscilátorech se periodicky mění energie elektrického pole kondenzátoru na energii magnetického pole cívky a naopak (Elektromagnetické vlnění, nedatováno).

### Mikrovlny

Mikrovlny jsou elektromagnetické vlny s obvyklou frekvencí 2450 MHz. Jedná se o neionizující nedestruktivní záření (neionizuje prostředí, kterým prochází) o nízké energii ( $10^{-3}$  eV), které není při nízkých výkonech pro živé organismy nebezpečné. Většinou látek, například vzduchem, sklem, plasty, keramikou, porcelánem, nepolárními látkami aj., mikrovlny pronikají obdobně jako světlo sklem. Dalšími materiály, např. vodou nebo jinými polárními látkami, jsou mikrovlny pohlcovány a mikrovlnná energie se přeměňuje na teplo. Poslední skupinou jsou látky, kterými mikrovlny nepronikají a ani je nepohlcují, např. kovové materiály, u nichž naopak dochází k odrazu mikrovln (Hájek, 2006, s. 130–131).

### 1.4.2 Historie mikrovln

Mikrovlny byly objeveny v Anglii na počátku 40. let 20. století na univerzitě v Birminghamu, kde dva britští vědci sir John Randall a Dr. Henry Boot vynalezli zdroj mikrovlnného záření zvaný *magnetron*. Jeho první praktické využití nastalo během 2. světové války, kdy byl nainstalován do experimentálního radaru a jako součást britského radarového systému sehrál významnou roli v letecké bitvě o Británii (10. července 1940 – 31. října 1940). V radarové technice se mikrovlny uplatňují dodnes.

V roce 1946 Dr. Percy LeBaron Spencer, zaměstnanec americké firmy Raytheon Corporation (výrobce radarů), při výzkumu souvisejícím s radary náhodně zjistil, že se mu v kapse v blízkosti radaru rozpustila teplem jeho čokoládová tyčinka. Jelikož byla vystavena mikrovlnnému záření, Dr. Spencer usoudil, že mikrovlnné záření může sloužit jako způsob ohřevu materiálů. Další experimenty prováděl například na kukuřici, ze které se vytvořil popcorn, či vejci, které explodovalo. Jeho myšlenky směřovaly k tomu, že mikrovlnné záření může sloužit k rychlému ohřevu i ostatních potravin. V roce 1947 Dr. Spencer navrhl první komerční mikrovlnnou troubu, která používala vodní chlazení magnetronu. Dosahovala výkonu 3 000 wattů, což odpovídá trojnásobku záření produkovaného mikrovlnnou troubou dnes. Patent na mikrovlnnou troubu byl podán v roce 1952, první komerční model s výkonem 1 600 wattů byl prezentován veřejnosti v roce 1954 a stál 2 000–3 000 dolarů. První mikrovlnná trouba se na trhu objevila v roce 1961. S výškou téměř 1,8 m (6 stop) připomínala spíše velkou skříň, vážila skoro 340 kg (750 liber) a stála 5 000 dolarů. První restaurace, kde se podávala jídla připravená v mikrovlnné troubě, byla otevřena o rok později v New Yorku.



**Obrázek 3: Percy Spencer**

ANON., nedatováno. <https://filmmakeriq.com/percy-spencer/>



**Obrázek 4: První mikrovlnná trouba**

HAVEL, Leoš, nedatováno. <https://slideplayer.cz/slide/3112602/>

Vzhledem ke své velikosti, vysokým pořizovacím nákladům, ale též nízké spolehlivosti a bezpečnosti se tato zařízení zprvu příliš neujala, navíc se dala uplatnit pouze ve velkých kuchyních. Model mikrovlnné trouby podobný dnešním typům se na trhu vyskytl v roce 1967 a prodával se již za 495 dolarů. K rozšiřování mikrovlnných trub přispěl zejména vývoj lehčího, menšího a vzduchem chlazeného magnetronu. V USA se mikrovlnné trouby začaly častěji objevovat

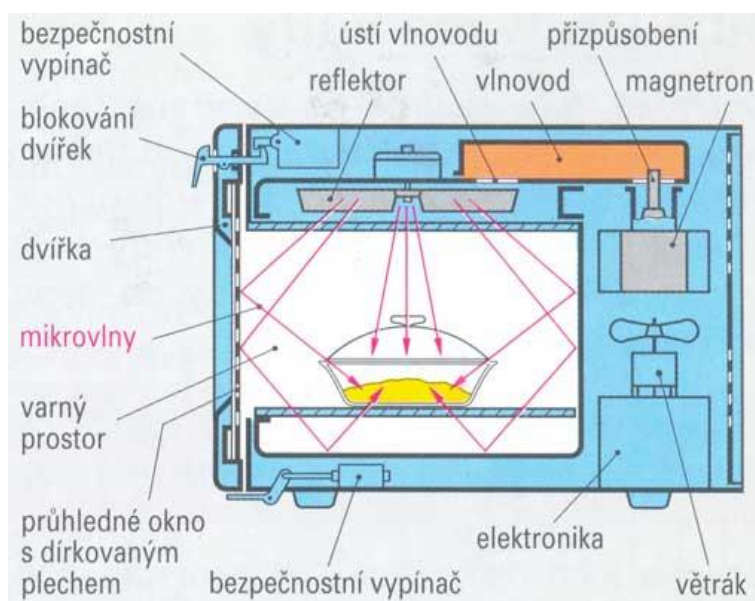
v domácnostech kolem roku 1975, v Evropě až po roce 1980. Ke komerčnímu rozmachu a sériové výrobě mikrovlnných ohřivačů pro malé domácnosti došlo až v 80. letech 20. století. Vedlo k němu postupné technické zdokonalování, které také souviselo s japonskou technologií sériové výroby magnetronů. Zvýšený zájem o mikrovlnné trouby lze samozřejmě přičítat i změně životního stylu, vyšší zaměstnanosti žen, ale i rostoucí nabídce mražených výrobků. (Hájek, 2006, s. 131; Lišková, 2008, s. 52–53; Holubová, 2012, s. 5; Círka aj., 2019, s. 4–7)

### 1.4.3 Mikrovlnná trouba

Mikrovlnná trouba je elektrické zařízení, které se skládá z mechanických, elektrických a elektronických částí (Círka aj., 2019, s. 7).

Jejími nejdůležitějšími součástmi jsou:

- magnetron
- vlnovod
- rozptylovač mikrovln
- ohřivací celá = varný prostor
- kontrolní jednotka = bezpečnostní vypínač
- větrák



**Obrázek 5: Části mikrovlnné trouby**

ANON., nedatováno. *Elektrické sporáky* — Kutil [online] [vid. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://kutil.elektrika.cz/jaky-material/elektricke-sporaky>



**Obrázek 6: Mikrovlnná trouba**

Foto autorka

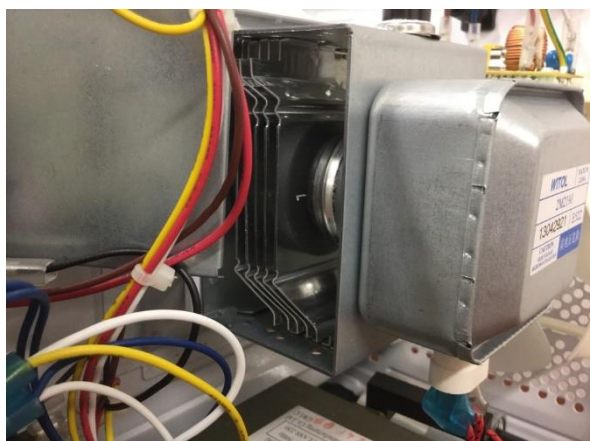
## Princip fungování

Elektromagnetické vlny – mikrovlny – jsou generovány *magnetronem*. Kovovým tunelem – *vlnovodem* – jsou pak vedeny do prostoru trouby, kde ohřívají vložený materiál, nejčastěji jídlo. Pomocí *rozptylovače mikrovln* se mikrovlny uvnitř trouby rozptylují, dále se odrážejí od vnitřních kovových stěn a vytvářejí zde mikrovlnné pole. Pokud se v tomto poli nachází absorpční materiál, jsou jím mikrovlny pohlcovány a mikrovlnná energie se přeměňuje na teplo. Vyskytne-li se však v mikrovlnném poli materiál s nízkou nebo žádnou absorpční schopností, mikrovlny nemají být čím pohlceny. Poté dochází k jejich zpětnému odrazu do magnetronu, což snižuje jeho životnost, případně hrozí jeho zničení. To nastává pochopitelně i v případě zapnutí prázdné mikrovlnné trouby. Účinnost magnetronů při přeměně elektrické energie na mikrovlnnou je maximálně 65–70 %. Klasická domácí trouba spotřebuje přibližně 1100 W a vyrobí pouze 700 W, což znamená, že pracuje s účinností asi 64 %. Většina ztrát připadá na teplo uvolněné již v magnetronové trubici. Magnetron se proto musí intenzivně chladit. K bezpečnému uzavření mikrovln uvnitř přístroje slouží dvojitý kovový obal, v jehož meziprostoru, tj. mezi vnitřním a vnějším pláštěm, jsou umístěny ovládací a výkonové obvody. Částí tohoto obalu jsou také speciální dvířka, která jsou díky kovové fólii s přesnými otvory průhledná, avšak bezpečně brání úniku mikrovln. S přihlédnutím k vlnové délce 12,2 cm nemohou mikrovlny uniknout malými otvory, jako je např. mřížka na dvířkách. Při úpravě kuchyňské mikrovlnné trouby pro laboratorní použití (vyvrtání děr např. pro chladič či teploměr) je třeba pravidelně kontrolovat detektorem mikrovln, zdali nedochází k úniku mikrovln do prostoru obsluhy. Vývoj mikrovlnné chemie dnes umožňuje provádět řadu laboratorních činností s mikrovlnami, např. chemických syntéz, ve specializovaných mikrovlnných zařízeních, než jak tomu bylo na počátku, kdy byly k dispozici pouze domácí mikrovlnné trouby.

(Hájek, 2006; Lišková, 2008; Holubová, 2012; Círka aj., 2019)

## Magnetron

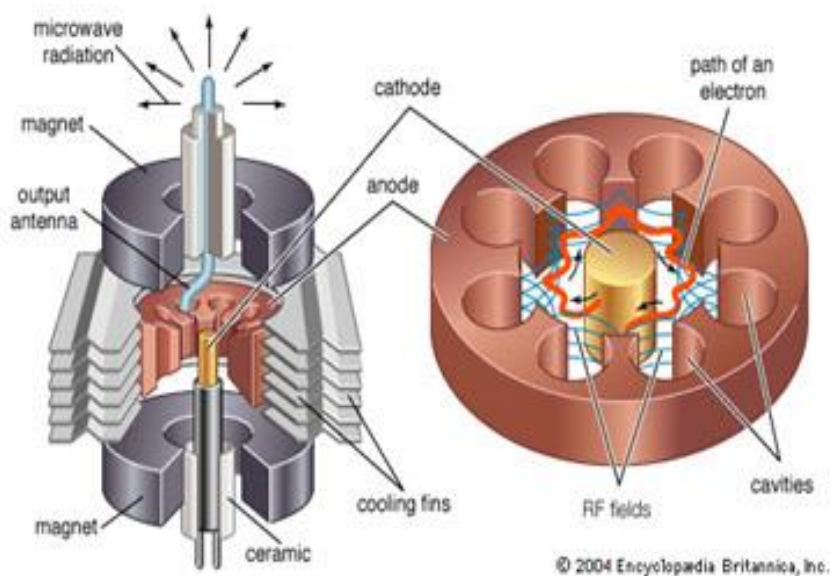
Magnetron je klíčovou částí mikrovlnné trouby, vytvářející mikrovlny. Lze ho považovat za „srdce“ celého přístroje.



**Obrázek 7: Magnetron**

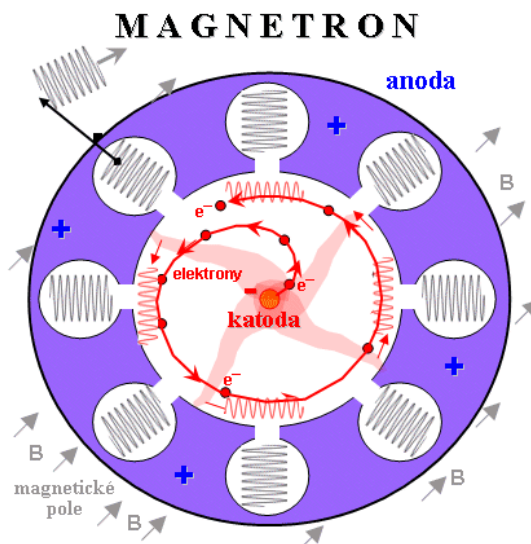
Foto autorka

Magnetron je diodové elektronické zařízení válcového tvaru (elektronka), které produkuje mikrovlnnou energii odpovídající frekvence (2 450 MHz.) Magnetron se obecně skládá z anody, katodového zářiče, antény a magnetu. Magnetické pole je uloženo mezi katodou a anodou jako síť. Funkci katody zastává kovový váleček, který se nachází uvnitř vakuované trubice. Je obklopený kovovým blokem, tvořícím anodu, se strukturou rozčleněnou na sudý počet komor. Od anody vede k vršku trubice kovový pásek, sloužící jako anténa. K trubici jsou zvenku připevněna hliníková chladicí žebra a celá trubice je vložena mezi dva silné feritové magnety. Váleček tvořící katodu je zahříván elektrickým proudem, díky čemuž se z něj uvolňují elektrony, které jsou urychlovány připojeným elektrickým polem směrem k anodě. Feritové magnety vytvářejí v trubici magnetické pole, jehož indukční čáry jsou kolmé k dráze elektronů a ovlivňují tak jejich pohyb. Jednotlivé komory anodového bloku se chovají jako malé oscilační obvody. Průchod proudu vytvoří malé magnetické pole, které ve druhé polovině cyklu indukuje opačný proud komorou. V komorách tak vzniká střídavý proud vysoké frekvence (2,45 GHz), který vyvolává elektromagnetické vlnění vysílané anténou do prostoru trouby. (Magnetron, 2008; Lišková, 2008; Holubová, 2012; Církva aj., 2019)



**Obrázek 8: Průřez obecným magnetronem 1**

ANON., nedatováno. <http://www2.ee.ic.ac.uk/ngai-han.liu08/yr2proj/magnetron.htm>



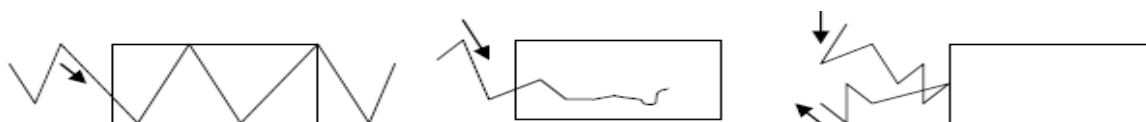
**Obrázek 9: Průřez obecným magnetronem 2**

ANON., nedatováno. <https://old.vscht.cz/anl/lmsvr/Mikrovlnne%20zdroje%20a%20detektory%20-%20final.pdf>

### 1.4.4 Mikrovlnný ohřev

Účinky mikrovlnné energie na daný materiál jsou závislé na jeho interakci s mikrovlnami. Z tohoto hlediska existují tři skupiny látek:

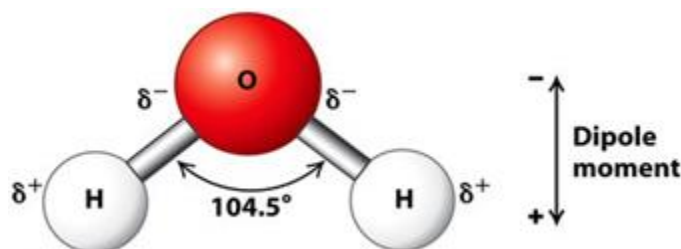
1. transparentní – propouštějí elektromagnetické záření, např. sklo a nepolární látky,
2. absorpční – pohlcují elektromagnetické záření, např. voda a polární rozpouštědla,
3. odrážející – odrážejí mikrovlnné záření, např. kovy.



**Obrázek 10: Chování látek pod mikrovlnným zářením (v pořadí 1., 2., 3.)**

(Církva, aj. 2019, s. 10)

Podstata přeměny mikrovlnné energie na teplo spočívá v interakci materiálu s polárními látkami, které mikrovlny absorbují, tj. druhou skupinou látek. Polární látky jsou takové, jejichž molekuly mají náboje rozloženy tak, že jako celek vykazují vlastnosti elektrického dipólu a mají tedy vlastní elektrický dipólový moment. Jedná se např. o molekulu vody, kyseliny chlořodíkové, amoniaku apod. (Církva aj., 2019, s. 10).



**Obrázek 11: Elektrický dipól v molekule vody**

ANON., nedatováno. <http://www.bio.miami.edu/tom/courses/protected/MCB6/ch02/2-05.jpg>



Elektrický dipól v molekule vody vzniká v důsledku jejího charakteristického tvaru, daného uspořádáním jednoho atomu kyslíku a dvou atomů vodíku, které svírají úhel přibližně 104,5°. Kladné a záporné náboje nejsou v molekule vody rozmístěny symetricky, na kyslíku se vytváří záporný parciální náboj a na vodících kladný. Za normálních podmínek, tj. když nepůsobí elektromagnetické (mikrovlnné) záření, jsou polární molekuly v neuspořádaném stavu. V elektrickém poli dochází k orientaci molekul podle polarit, tj. kladná část k zápornému pólu a záporná část ke kladnému pólu. Při vystavení polárních molekul účinkům elektromagnetického záření se částice snaží orientovat ve směru záření. Jelikož vysokofrekvenční elektromagnetické pole mění svoji polaritu  $2,45 \times 10^9$ krát za sekundu, polární molekuly se těmto změnám musí neustále přizpůsobovat, což u nich vyvolává oscilační vibrace až rotace. Ovšem vysoká rychlost oscilace pole zároveň zapříčiňuje zvyšování odpudivých sil a omezování pohybu částic, způsobených mezimolekulárními interakcemi (srážkami) a elektrickým odporem. Výsledkem nepravidelného pohybu a vzájemného tření částic je přeměna mikrovlnné energie na tepelnou. Základní rozdíl mezi mikrovlnným a klasickým ohřevem je ten, že při klasickém ohřívání dochází k přenosu tepla od povrchu dovnitř, zatímco u mikrovlnného ohřevu se rozkmitávají molekuly v celém objem a teplo tudíž vzniká uvnitř média.

Mechanismus přeměny mikrovlnné energie na tepelnou je dán vztahem:

$$P = 2 \pi f \varepsilon' \varepsilon'' E^2$$

kde P...energie absorbovaná v jednotce objemu

f...frekvence mikrovlnného pole

$\varepsilon'$ ...permitivita ( $F/m$ )

$\varepsilon''$ ...dielektrický ztrátový faktor materiálu

E...intenzita elektrického pole uvnitř materiálu

Rozhodující úlohu při přeměně mikrovlnné energie na teplo má ztrátový faktor, ostatní hodnoty jsou dány.

(Hájek, 2006; Lišková, 2008; Círka aj., 2019)

## 1.4.5 Využití mikrovlnného ohřevu

### Mikrovlnná trouba v domácnosti

Nejčastějším důvodem používání mikrovlnné trouby v domácnosti je ohřívání a vaření potravin a nápojů. Není však výjimkou také rozmrazování, pečení a u moderních mikrovlnných trub také grilování. Konstrukce a fungování mikrovlnné trouby pro domácí použití jsou založeny na principu ohřívání vody, která je v potravinách v menší či větší míře obsažena. Podstatným jevem je to, že frekvence mikrovln (cca 2,45 GHz) o vlnové délce asi 12 cm je blízká vlastní frekvenci kmitání dipólů vody, jež se nazývá rezonanční frekvencí. Při ní mikrovlny působí zejména na molekuly vody, jimž předávají mikrovlnnou energii a způsobují jejich rozkmitávání. Zároveň nedochází k ohřevu nádob, do kterých jsou potraviny při úpravě v mikrovlnné troubě umístovány, což lze považovat za obrovskou výhodu z hlediska bezpečnosti mikrovlnného ohřevu.

Jedná se o nádoby ze skupiny transparentních látek, jimiž při ohřevu mikrovlny procházejí, jako např. sklo, keramika, porcelán a plasty k tomu určené. Dalším pozitivem je značná rychlost ohřevu, ekonomičnost a minimální ztráty energie.

### **Mikrovlnná trouba v chemické laboratoři**

Kromě obdobných předností jako při domácím uplatnění lze další výhody laboratorního užití spatřovat také v těchto skutečnostech (Šulcová a Böhmová, 2004, s. 73):

- možnost dosažení vysokých teplot ve velmi krátkém čase,
- menší riziko než při použití přímého plamene => význam i z hlediska bezpečnosti práce,
- vyšší reakční rychlost a výtěžky,
- rovnoměrný ohřev v celém objemu reakční směsi nevyžadující míchání (u reakcí probíhající v polárním rozpouštědle pod jeho teplotou varu),
- rychlé reakce bez složitých aparatur pro malá množství reaktantů,
- možnost provedení více reakcí najednou.

### **Další uplatnění mikrovlnného ohřevu**

V současné době má mikrovlnný ohřev velmi široké využití i v dalších oblastech, zejména (Lišková, 2008, s. 56–57):

- účinné a energeticky výhodné sušení materiálů, např. sušení dřeva, papíru, knih, keramických a farmaceutických produktů, různých granulovaných materiálů nebo i přaden v textilním průmyslu;
- telekomunikace a přenos dat, např. radar, televize, mobilní telefony, satelitní vysílání, internet, bezdrátový přenos obrazu a zvuku;
- předehřátí plastových granulátů před tvarováním, spojování plastů nebo jiných materiálů, předehřátí tuhých paliv nebo pneumatik před protektorováním, slinování keramických výrobků či vybarvování textilií;
- vytvrzování nebo napěňování polymerů, vulkanizace pryže;
- sterilizační účinek mikrovln, např. při restaurování starých dřevěných soch, plastik apod.;
- v průmyslu při pasterizování mléka, ovocných a zeleninových šťáv apod. díky ultrarychlému ohřevu pomocí mikrovln a následnému ochlazení;
- sterilizace půdy nebo osiv;
- likvidace plísní, hub a dřevokazného hmyzu z lidských sídel;
- při ochraně životního prostředí, např. štěpení toxických látek za vysokých teplot; dosažených mikrovlnným ohřevem (likvidace škodlivin v půdě a jiných materiálech, např. rozklad polychlorovaných bifenyly, nebo zneškodňování závadných odpadů ze zdravotnictví).

### 1.4.6 Ne/bezpečnost používání mikrovlnné trouby

Riziko poškození zdraví působením elektromagnetických vln z mikrovlnné trouby je takřka nulové, neboť mikrovlny vznikají pouze za zavřenými dvířky uvnitř trouby po zapnutí elektrického spínače. Mikrovlnné trouby jsou konstruovány tak, aby s velkou rezervou vyhovovaly expozičním limitům mikrovlnného záření, jež jsou stanoveny mezinárodními standardy. V tomto směru není třeba se obávat ani úniku mikrovln skrze spáry dvířek ani přes pozorovací skleněné okénko mikrovlnné trouby, neboť je zevnitř pokryto kovovou mřížkou, která mikrovlny odráží. Nebezpečí by vzniklo jedině při spuštění magnetronu při sejmutých krytech, kdy by se mikrovlny šířily neomezeně mimo prostor trouby a ohřívaly by vše, co obsahuje vodu, včetně lidského těla.

Možné nebezpečí, které připadá v úvahu, spočívá v tom, že po připojení k elektrické síti a zapnutí trouby vzniká v elektrické části trouby vysoké napětí (asi 2 kV), které přetrvává ještě několik minut po vypnutí trouby. Při neodborné manipulaci proto hrozí úraz elektrickým proudem. Další rizika jsou spojená s ohřevem potravin a s použitím nádob vkládaných do mikrovlnné trouby. Nedoporučuje se zapínat troubu bez vložení potravin, neboť v prázdném prostoru trouby by se mikrovlny odrážely zpět do magnetronu, a tím by jej mohly vážně poškodit. Nutné je také nastavit správnou dobu ohřevu, aby nedošlo ke spálení potravin, zejména s menším obsahem vody, doprovázené vznikem nepříjemného štiplavého zápachu. S dobou ohřevu jednotlivých druhů potravin, ale i s vhodností či vůbec možností jejich tepelné úpravy v mikrovlnné troubě, se lze seznámit prostřednictvím uživatelské příručky. Podobně též s používáním vyhovujících nádob. Všeobecně známé je vyloučení kovových předmětů a nádob nebo s kovovými ozdobami. Z potravin nutno upozornit na ty, které mají slupku nebo skořápku, případně jiný přirozený obal, a které by s největší pravděpodobností mohly při ohřevu vybuchnout. Dále je třeba věnovat pozornost ohřevu čisté vody či jiné čisté kapaliny, neboť by mohlo dojít k tzv. utajenému varu. Při něm nedochází po dosažení teploty varu k tvorbě bublin, a tudíž po vložení jakéhokoliv tělesa do této kapaliny může dojít k náhlému nečekanému vzkypění a následnému popálení manipulující osoby.

Co se týče kvality tepelně upravovaných potravin, mikrovlnným ohřevem nedochází k degradaci jejich výživové hodnoty ani ke ztrátě vitamínů.

(Holubová, 2012, s. 8–9; Círka aj., 2019, s. 9)

## 2 Praktická část

### 2.1 Cíle práce

Cíle diplomové práce jsou:

- Provést rešerši na zadané téma, zaměřit se na experimenty s mikrovlnným ohřevem.
- Navrhnout a ověřit experimenty použitelné pro základní a střední školy.
- Zpracovat pracovní listy využívající aktivizující metody.
- Pomocí řízeného rozhovoru otestovat použitelnost pracovních listů ve výuce.

### 2.2 Netradiční pokusy v mikrovlnné troubě

Mikrovlnná trouba patří již mnoho let k základnímu vybavení každé domácnosti, školní nebo firemní kuchyně a téměř každého interního pracoviště. Ovšem za běžnou součást školní chemické laboratoře či učebny chemie a fyziky ji zřejmě ještě není možné považovat. Důvod lze spatřovat především v tom, že učitelé přírodních věd stále raději realizují nebo žáky organizují v klasických experimentech, při nichž v případě nutnosti přítomnosti tepelné energie při pokusu využijí místo mikrovlnné trouby raději plotýnku elektrického vařiče nebo plamen kahanu. Tento důvod je pochopitelný, neboť při tomto způsobu experimentování je na vlastní oči vidět celý průběh pokusu, a ne jenom jeho zahájení a výsledek. I přesto by mohlo být zajímavé a obohacující občas nějaký pokus se zapojením mikrovlnné trouby do výuky zařadit, a tím ukázat, že toto zařízení má své uplatnění i v podmínkách školní výuky. Za určitý problém je nutné považovat kvantitativní stránku věci, protože není a zřejmě nebude možné a zcela jistě ani efektivní vybavit školu vícero kusy tohoto zařízení, a to z důvodů ekonomických, prostorových, ale i bezpečnostních. Mikrovlnná trouba pravděpodobně ještě dlouho zůstane pouze doplňujícím didaktickým prostředkem ve výuce přírodních věd. Její využití lze předpokládat spíše v aktivitách nad rámec povinné školní výuky přírodních věd, např. ve volitelných předmětech nebo zájmových kroužcích s přírodovědnou tematikou.

Pokusy zařazené do diplomové práce jsou netradiční nejenom tím, že ke své realizaci uplatňují mikrovlnnou troubu, ale také využitím méně obvyklých didaktických výukových forem a metod, které je možné při jejich provádění aplikovat. Už samo zařazení mikrovlnné trouby jako didaktického prostředku materiálního charakteru činí po didaktické stránce výuku neobvyklou, „netradiční“. Vzhledem k tomu, že mikrovlnná trouba není zařízení, které by bylo pevně spojené se zemí, lze za její výhodu považovat i to, že ji lze podle potřeby přemísťovat z místa na místo. Jediná nutná podmínka pro její chod je existence elektrické zásuvky v její blízkosti a vhodná plocha k umístění.

**Z organizačních forem výuky** je možné při experimentování s mikrovlnnou troubou nejvíce uplatnit tyto formy:

- **třídně vyučovací hodina** – nejčastěji v učebně chemie, příp. jiné specializované učebně, nebo v chemické laboratoři;
- **skupinová a kooperativní výuka, párová výuka** – probíhající na obdobných pracovištích jako v předchozím případě, lze ji uskutečnit jak v běžné výuce, tak v laboratorních cvičeních, nepovinných či volitelných předmětech či zájmových kroužcích;
- **individuální výuka** – např. jako aktivita v zájmovém kroužku, nebo při plnění úkolů chemické soutěže či olympiády;
- **domácí úkoly** – v domácím prostředí, avšak přiměřené náročnosti zejména s ohledem na bezpečnost.

**Z výukových metod** lze v přímé práci s mikrovlnnou troubou nejvíce využít tyto metody:

- **názorně-demonstrační** – doplněné slovními metodami monologickými či dialogickými;
- **dovednostně-praktické** – zejména laborování, experimentování a manipulování s předměty;
- aktivizující metody heuristické, dialogické, diskuzní, činnostní a tvořivé učení;
- **projektová výuka** – např. formou projektového dne ve škole nebo mimo školu.

### 2.2.1 Členění netradičních pokusů v mikrovlnné troubě

Jedná se o 16 pokusů, z nichž 15 se uskutečňuje s využitím mikrovlnné trouby a 1 pokus lze považovat spíše za přípravu didaktických pomůcek k experimentování s mikrovlnnou troubou, na nichž závisí realizace 2 pokusů probíhajících za vysokých teplot. Pokusy lze dále rozdělit podle uplatnění převažujících výukových forem a metod a časové náročnosti.

#### **Pokusy badatelského charakteru vyžadující více času:**

(vhodné pro projektový den nebo do laboratorních cvičení)

- Rozpouštění tuků s různým obsahem vody,
- Mikrovlnná syntéza rubínového prášku,
- Ohřívání dvoufázového systému,
- Důkaz redukujících sacharidů.

Pracovní návody k těmto pokusům jsou součástí kapitoly „Projektový den mimo školu“. Kromě pracovních návodů a metodických listů jsou k nim také přiřazeny pracovní listy pro žáky. V rámci projektového dne mimo školu jsou kromě těchto pokusů připraveny ještě další dva demonstrační pokusy motivačního charakteru na úvod a na závěr projektového dne, k nimž jsou rovněž vytvořeny pracovní listy pro žáky. Jedná se o následující pokusy:

- Butanové divadlo,
- Hořící ruce aneb o spásné vodě.

Tyto dva pokusy jsou dále převedeny do podoby videonahrávek a použity v distanční formě výuky, která nahradila z vážných epidemiologických důvodů nerealizovaný projektový den mimo školu. K těmto dvěma osobně natočeným „videopokusům“ jsou také vytvořeny zjednodušené pracovní listy, které jsou v digitalizované podobě společně s videonahrávkami zpracovány v programové aplikaci WIZER.ME.

### **Pokusy v třídně vyučovací hodině demonstrováné učitelem:**

(s případnou asistencí žáků)

- Mikrovlnná výroba mýdla,
- Mikrovlnná esterifikace kyseliny octové ethanolem.

### **Pokusy komplexního přírodovědného charakteru:**

(spíše nad rámec učebního plánu)

- Alobal v mikrovlnné troubě,
- Důkaz nehomogenity mikrovlnného pole a stanovení rychlosti světla pomocí mikrovln,
- Sušení květin v mikrovlnné troubě.

### **Pokusy doplňkové, efektní, časově nenáročné:**

(prokazující zajímavý fyzikálně-chemický jev)

- Žárovka v mikrovlnné troubě,
- Tuha v mikrovlnné troubě,
- Nafukovací balónek v mikrovlnné troubě,
- Utajený var.

### **Příprava na pokusy za vysokých teplot:**

- Výroba GST formy do mikrovlnné trouby.

### **Pokusy za vysokých teplot:**

(badatelské, objevené, vhodné do zájmového kroužku)

- Výroba skla v mikrovlnné troubě,
- Výroba mosazi v mikrovlnné troubě.

Všechny navržené pokusy s využitím mikrovlnné trouby jsou osobně otestovány v chemické laboratoři Katedry chemie TUL. Zde se nachází mikrovlnná trouba značky **Elektrolux EMS20200W** bílé barvy. Jedná se o elektrický domácí spotřebič pro tepelnou úpravu pokrmů, volně stojící, s těmito technickými údaji a parametry:

**Tabulka 3: Technické údaje a parametry mikrovlnné trouby**

Technický údaj	Hodnota
Střídavé napětí	230 V–240 V / 50 Hz
Elektrický příkon	1300 W
Výstupní mikrovlnný výkon	800 W
Mikrovlnná frekvence	2450 MHz
Rozměry (Š × V × H)	485 × 370 × 292,5 mm
Objem trouby	21 l
Hmotnost	13,2 kg
Další parametry	
Elektronické tlačítkové ovládání	
5 stupňů výkonu	
Hodiny – zobrazení času	
Barevné prostředí displeje: červená	
Vnitřní osvětlení	
Materiál vnitřku trouby: lakovaná ocel	
Typ otevírání dvířek: tlačítko	
Průměr otočného talíře: 27 cm	

### 2.2.2 Pracovní návody a metodické listy k pokusům v mikrovlnné troubě

Pracovní návody a metodické listy k netradičním pokusům v mikrovlnné troubě se nacházejí v kapitole 2.4 Pokusy projektového dne mimo školu (4 badatelské, včetně pracovních listů) a v Příloze č. 1 (všechny ostatní).

## 2.3 Projektový den mimo školu

Projektový den mimo školu patří mezi extrakurikulární aktivity základních škol v rámci projektu Šablony II. Náležitosti projektového dne mimo školu jsou obsaženy v dokumentu Přehled šablon a jejich věcný výklad, který je přílohou výzvy č. 02\_18\_063 Šablony II (výzva pro méně rozvinuté regiony) a výzvy 02\_18\_064 Šablony II (výzva pro hl. m. Praha) Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání (dále OP VVV) na programové období 2014–2020. Cílem výzvy je podpořit MŠ, ZŠ, ZUŠ a školská zařízení pro zájmové vzdělávání formou projektů zjednodušeného vykazování. Aktivity se orientují na osobnostně profesní rozvoj pedagogů prostřednictvím dalšího vzdělávání pedagogických pracovníků, vzájemného setkávání a sdílení zkušeností pedagogů a odborníků z praxe, na pomoc školám a školským zařízením pro zájmové vzdělávání v oblasti personálního zajištění (např. školní asistent, školní psycholog, speciální pedagog, sociální pedagog). Dále jsou zaměřeny na podporu extrakurikulárních aktivit, spolupráci s rodiči dětí a žáků, kariérové poradenství žáků a aktivity rozvíjející metody výuky s využitím ICT. Žádosti o podporu se mohly podávat od 28. 2. 2018 do 28. 6. 2019, projekty bylo možno realizovat do 31. 8. 2021 v délce trvání 24 měsíců. Z důvodu uzavření škol a školských zařízení z epidemiologických důvodů (mimořádné vládní opatření k zamezení šíření nového

typu koronaviru způsobujícího onemocnění s názvem COVID-19) dochází k prodloužení realizace projektů ve výše zmíněných výzvách ve II. vlně šablon maximálně do 28. 2. 2022. Doba realizace je možná v rozmezí 24–30 měsíců.

OP VVV je víceletým tematickým programem v gesci Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy, v jehož rámci je možné v programovém období 2014–2020 čerpat finanční prostředky z Evropských strukturálních a investičních fondů (ESIF). Cílem OP VVV je přispět k posunu České republiky směrem k ekonomice založené na vzdělané, motivované a kreativní pracovní síle, na produkci kvalitních výsledků výzkumu a jejich využití pro zvýšení konkurenceschopnosti ČR. Oblasti intervencí OP VVV zahrnují:

- podporu rovnosti a kvality vzdělávání;
- rozvoj lepších kompetencí pro trh práce;
- posílení kapacit pro kvalitní výzkum a jeho přínos pro společnost.

(OP VVV, 2017; Výzva, 2017)

### **2.3.1 Cíl a charakteristika šablony**

Podle Přehledu šablon (2018, s. 124–125) je cílem aktivity rozvoj kompetencí pedagogických pracovníků v oblasti přípravy a vedení projektové výuky, která vede k rozvoji osobních a sociálních kompetencí dětí a žáků. Hlavním účelem aktivity je propojit teoretické znalosti ze školního prostředí s jejich využitím v praxi. Projekt musí probíhat mimo školní prostředí, podle tematického zaměření projektového dne např. v kulturní/vědecké/státní/umělecké/historické/ či jiné instituci, ve firmě, nebo na jiném místě, kde lze využít praktické znalosti odborníka z praxe. Aktivitu je nutné realizovat minimálně 10 km od místa, kde probíhá vzdělávání (od sídla školy), z důvodu příspěvku na cestovní náklady na zpáteční jízdné. Cestovní vzdálenost musí být vy počtena pomocí kalkulátoru vzdáleností poskytnutého Evropskou komisí.

Projektovou výuku charakterizuje:

- podpora společného vzdělávání a rozvoj klíčových kompetencí žáků;
- důraz na aktivizující metody výuky;
- zahrnutí metod kooperativního učení, vedení k samostatnosti;
- rozvoj kritického myšlení, kreativních metod výuky;
- důraz na praktickou využitelnost poznatků;
- důraz na mezipředmětovou spolupráci.

Aktivita je určena pro minimálně jednoho pedagoga ZŠ a odborníka z praxe, kteří společně naplánují a zrealizují projektový den mimo školu v délce 4 vyučovacích hodin ( $4 \times 45$  minut projektové výuky) pro skupinu minimálně 10 žáků (ne více než 20 žáků), z nichž minimálně 3 jsou ohroženi školním neúspěchem. Do 4 hodin projektového dne se počítá samotná délka projektové výuky/vzdělávání bez dopravy.

Pro identifikaci žáků ohrožených školním neúspěchem je možné sledovat následující oblasti:



- nízká motivace ke vzdělávání;
- dlouhodobá a opakovaná prospěchová neúspěšnost;
- nedůslednost ve školní přípravě;
- kázeňské přestupky;
- nedůsledné rodičovské vedení;
- socio-kulturně znevýhodněné prostředí.

Výběr žáků je zcela v kompetenci ředitele školy.

Za 4hodinový blok projektové výuky se dokládá jedna příprava výuky, popis jejího průběhu a společná reflexe pedagoga a odborníka z praxe. Pro přenos příkladů dobré praxe je po proběhnutí projektového dne vhodné rovněž zajistit interní sdílení zkušeností pro ostatní pedagogy kmenové školy (Přehled šablon, 2018, s. 124–125).

### **2.3.2 Podrobná specifikace šablony**

Podle Přehledu šablon (2018, s. 126) se jedná se o společné vedení projektového dne pedagogem ZŠ a odborníkem z praxe, kdy oba připraví a vedou projektovou výuku ve vzájemné spolupráci. Role pedagoga a odborníka se mohou během projektového dne střídat a měnit dle zaměření projektové výuky. Součástí spolupráce je uplatnění principu 3 S (společné plánování, společná výuka, společná reflexe).

Projekt je pro žáky chápán jako komplexní pracovní úkol, při němž žáci řeší určitý problém (problémový úkol, problémovou situaci). Pomocí této výukové metody jsou žáci vedeni k samostatnému zpracování určitých komplexních úkolů či řešení problémů spjatých s životní realitou. Každý žák má v projektu svou individuální roli a úkol, za který nese zodpovědnost. S ostatními žáky spolupracuje na dosažení cíle projektu, který je představován určitým konkrétním výstupem, tj. výrobkem, praktickým řešením problému apod. Projekty mají podobu integrovaných témat, využívají mezipředmětových vztahů. Žáci se učí samostatnému řešení úkolů, vzájemné spolupráci a respektu, odpovědnosti, využívání svých znalostí, práci s různými informačními zdroji a řešení problémů. Žáci dále rozvíjejí své komunikační dovednosti, rozvíjejí svou tvořivost, aktivitu a fantazii (Přehled šablon, 2018, s. 126).

#### **Odborník z praxe**

Podle Přehledu šablon (2018, s. 127–128) se na základě doporučující specifikace pozice odborníkem z praxe rozumí pracovník, který je uznávaným odborníkem ve svém oboru, případně výkonným umělcem, výtvarným umělcem, rodilým mluvčím a působí ve svém oboru především v praxi, tj. mimo školní prostředí. Nemělo by se tedy jednat o stávajícího pedagogického pracovníka školy. Pedagogovi a žákům pomáhá především s praktickým pohledem na projektovou výuku a řešením zadaných úkolů. Výběr konkrétního pracovníka je plně v kompetenci ředitele školy.

Jednotka (odborník) podpoří pedagoga v následujících dovednostech:

- sebereflexe a osobní rozvoj – pedagog rozumí tomu, proč a jak zkoumat svou vlastní praxi; je schopen reflektovat svou profesní praxi a vyvíjet aktivity ke stálému zlepšování;
- pedagog systematicky reflektuje procesy plánování, vlastní výuku a její dopad na žáky s cílem zkvalitnit svoji práci a zvýšit tak efektivitu žákova učení.

Pedagog může využít odbornou literaturu a další zdroje pro nalézání inovativních postupů a prohlubování svých zkušeností v daném tématu (např. zkušenosti z výuky pedagogů reflektované v multimediálních formátech na internetu, jako jsou virtuální hospitace, záznamy webinářů, videí z výuky či její reflexe apod.) (Přehled šablon, 2018, s. 127–128).

### **2.3.3 Plánovaná realizace projektového dne mimo školu**

Projektový den mimo školu se měl uskutečnit v jeden den měsíce dubna 2020 na Katedře chemie Fakulty přírodovědně humanitní a pedagogické Technické univerzity v Liberci (FP TUL). V důsledku vyhlášení nouzového stavu na celém území České republiky ze dne 12. března 2020 Vládou ČR a jejím usnesením ze dne 12. března 2020 zakázala vláda v oblasti školství osobní přítomnost žáků a studentů při vzdělávání nebo studiu mimo jiné i na všech základních školách, a to již od 11. března 2020. Veškerá vládní opatření, nejenom pro oblast školství, souvisí se zastavením šíření nového typu koronaviru s odborným označením SARS-CoV-2, který způsobuje onemocnění COVID-19. Projektový den se z tohoto vážného důvodu konat nemohl, proto byl následně nahrazen plněním dvou videoprojektů v redukované podobě pomocí nástrojů distančního vzdělávání. Přesto je plán projektového dne mimo školu vyhotoven a připraven k použití kdykoliv v budoucí době.

### **2.3.4 Plán projektového dne mimo školu**

Plán je připraven v teoretické rovině, neboť praktická realizace se z výše zmíněných důvodů nemohla uskutečnit. Plán se skládá jednak z údajů vyžadovaných v „Záznamu realizace z projektového dne mimo školu“ (viz <https://projekty.nidv.cz/strategicke-rizeni/296-sablony/sablony-ii/1319-sablony-ii-ms-zs-sd-sk-zus-svc>) a jednak z konkrétně připraveného programu dle časového harmonogramu, v jehož rámci by žáci podle pracovních návodů prováděli v předem vytvořených čtyřech skupinách chemické pokusy s využitím mikrovlnné trouby. Následně by za jednotlivé skupiny společně vyplňovali pracovní listy. Pedagogický pracovník a odborník z praxe by na základě předem vypracovaných metodických listů společně organizovali, řídili, kontrolovali a hodnotili průběh všech aktivit projektového dne. Úvodní a závěrečná část projektového dne by byla věnována demonstračním pokusům pedagoga, k nimž by žáci také vyhotovovali pracovní listy, ale individuálně, nikoliv společně za celou skupinu. Úvodní i závěrečný pokus by měly mít motivační charakter, zejména by svým efektem měly vybudit u žáků zájem o experimentování a bádání nad otázkami proč a jak se věci a jevy dějí. Určitě by také měly přispět k rozšíření sympatií pro studium chemie jako takové.

### Základní údaje podle „Záznamu realizace z projektového dne mimo školu“

Název školy příjemce	Základní škola Kobyly, okres Liberec – příspěvková organizace
Registrační číslo projektu	?
Název projektu	Šablony ZŠ Kobyly
Datum realizace projektového dne	?
Čas realizace projektového dne (od–do)	8:30–12:00
Výchozí bod projektového dne včetně uvedení adresy	Základní škola Kobyly, Kobyly 31, 463 45 Pěččín u Liberce
Cílový bod projektového dne včetně uvedení adresy	Katedra chemie FP TUL, Studentská 5, budova C TUL, 461 17 Liberec 1
Cestovní vzdálenost v km <sup>3</sup>	?

#### Seznam zapojených dětí/žáků/účastníků

Zde by následoval jmenovitý seznam 12 žáků 9. ročníku ZŠ Kobyly.

#### Popis průběhu přípravy projektového dne

Několik dnů (asi týden) před realizací projektového dne by se na Katedře chemie FP TUL fyzicky sešli pedagogický pracovník (Bc. Jaroslava Šlechtová) a odborník z praxe (Mgr. Martin Slavík, Ph.D.). Společně podle organizačních podmínek Katedry chemie a časových možností účastníků ZŠ Kobyly by byl naplánován detailní průběh (časový harmonogram a program) projektového dne v budově C TUL ve Studentské ulici v Liberci. Během předchozích týdnů před plánovaným projektovým dnem bylo pro žáky vytvořeno učitelkou šest typů pracovních návodů a pracovních listů k šesti chemickým pokusům, jejichž obsah byl průběžně konzultován s odborníkem z praxe. Dále učitelka zpracovala metodické listy, jež byly opět prodiskutovány s odborníkem z praxe. Vzájemnou kooperací byly promyšleny vyučovací prostředky (didaktické metody, organizační formy výuky a materiální didaktické prostředky), využívané v projektovém dni. Jejich výběr by měl vést k efektivnímu naplnění výchovně vzdělávacího projektu, jehož prvotním cílem je seznámení žáků s prostředím chemické laboratoře a praktickými činnostmi v ní realizovanými.

#### Popis průběhu realizovaného projektového dne

Žáci ZŠ Kobyly by po příchodu na budovu C TUL byli nejdříve zavedeni do zasedací místnosti Katedry chemie, kde by byli seznámeni s odborníkem z praxe. Ten by jim představil svoji úlohu v projektovém dni, příp. katedru chemie. Dále by je stručně proškolil v otázkách bezpečnosti a hygieny práce v chemické laboratoři. Učitelka by je zde seznámila s programem projektového dne, i když žáci by s ním byli již předem obeznámeni ze školy. Také by připomněla a zkontrolovala složení čtyř skupin žáků. Vzhledem k problematice vytváření skupin pro skupinovou práci by byli rozděleni do čtyř skupin po 3 žácích již předem ze školy, aby se ušetřil čas pro další plánované aktivity. Dále by učitelka žákům sdělila všechny potřebné instrukce ohledně plnění úkolů a vyplňování pracovních listů. Dodala by jim dostatečného klidu tím, že učitelka a odborník z praxe jim budou neustále k dispozici, aby jim mohli s čímkoliv poradit a pomoci.

Žáci by si poté oblékli své pracovní pláště, které by si přivezli dle předchozích instrukcí učitelky z domova. Svoje osobní věci (svršky, batohy apod.) by si odložili v zasedací místnosti. Tato seznamovací část, včetně případné svačiny a návštěvy WC by měla zabrat přibližně 30 minut. Následně by se žáci přesunuli do chemické laboratoře. S sebou do laboratoře by si vzali pouze učebnice, sešity na poznámky, psací potřeby, příp. mobilní telefony. Na úvod by nejprve všichni žáci zhlédli efektní motivační demonstrační pokus učitelky, která by je již před jeho zahájením upozornila, na co se mají soustředit. Po jeho realizaci by všichni obdrželi pracovní list, v němž by zodpovídali otázky vztahující se k pozorovaným jevům. Pracovní listy by individuálně vyplňovali u pracovních stolů. Tato část by neměla také trvat dále než 30 minut. Následovala by krátká přestávka, při níž by se žáci rozdělili do skupin. Na základě losu, který by tahal zástupce každé skupiny, by byla každá skupina přiřazena k pracovnímu místu s pracovním návodem jednoho ze čtyř pokusů. Všichni členové pracovních skupin by byly předem upozorněny na to, že je třeba si již před zahájením experimentální části řádně pročíst pracovní návod, ale i otázky v pracovním listu, aby věděli, na co se v průběhu experimentování mají soustředit. Pracovní návod by ve skupině obdržel každý žák, aby měl možnost si úkol řádně prostudovat. Pracovní list by každá skupina vyplňovala pouze jeden, společný pro celou skupinu. Žáci ve skupině by si rozdělili dílčí úkoly dle pracovního návodu, čímž by společně pracovali na zadaném úkolu. Vzhledem k tomu, že všechny čtyři pokusy se provádějí s využitím mikrovlnné trouby, bylo by nutno práci skupin regulovat učitelkou a odborníkem z praxe. Ti by dále dohlíželi na průběh experimentování, přičemž by plnili funkci poradců, instruktorů, příp. pomocníků. Projektované chemické pokusy jsou však koncipovány tak, aby se zástupci skupin nesešli ve stejný moment u mikrovlnné trouby, která je pro chemickou laboratoř pouze jedna jediná. Pokud by však k této situaci došlo, mohli by mezitím žáci čekající skupiny zodpovídat otázky v pracovním listu, které jsou spíše teoretického rázu a k nimž lze využít učebnici nebo internet (na mobilu), tzn. nejsou přímo závislé na pozorovaném jevu a výsledku pokusu. Po splnění všech praktických činností souvisejících s pokusem a vyplnění pracovního listu za skupinu by žáci uklidili svá pracovní místa. Experimentování, vyplňování pracovních listů a úklid laboratorních pomůcek by neměl přesáhnout 1 hodinu. Po další krátké přestávce by následovaly prezentace jednotlivých skupin, při níž by vždy jedna skupina po druhé seznámila zbylé tři skupiny se svým úkolem, jeho průběhem a výsledky. Po každé prezentaci by následovala krátká diskuze nad spornými otázkami a jevy. Řízení diskuze by bylo ponecháno na učitelce a odborníkovi z praxe, kteří by metodou řízeného rozhovoru prověřili použitelnost pracovních listů ve výuce. Každá skupina by na svoji prezentaci měla časovou dotaci 10 minut. Na závěr by učitelka opět provedla druhý efektní motivační demonstrační pokus, a to s podobným záměrem jako úvodní pokus. Žáci by k němu také individuálně každý sám za sebe vyplňovali pracovní list. V závěrečných minutách by se žáci věnovali posledním úpravám v pracovních listech a jejich odevzdání učitelce. Ze strany učitele a odborníka z praxe by došlo k zhodnocení průběhu projektového dne, kontrole pracovních míst a rozloučení s žáky.

## Využití metody

Během projektového dne by se vystříдалo několik výukových metod. Na úvod a závěr projektového dne by byla využita metoda *názorně-demonstrační*, spočívající v prezentaci dvou netradičních efektních motivačních pokusů učitelkou (jeden na úvod, druhý na závěr), bez využití mikrovlnné trouby. Žáci by při nich pozorovali probíhající jevy, které by zakrátko popisovali ve svých pracovních listech. Po provedení pokusů by následovala *metoda slovní*, a to zejména *metoda řízeného rozhovoru*, při níž by učitelka umožnila žákům vhodně zadanými a přesně formulovanými otázkami se aktivně zapojit a vyjádřit v co největší míře názory a myšlenky, vyplývající z jejich vjemů. V případě potřeby by některé jevy dovysvětlila. U metody řízeného rozhovoru je obsah a cíl výukové komunikace určován učitelem. Záleží na jeho dovednosti, aby žákům umožňoval co největší participaci, samostatnost a svobodu projevu (Maňák a Švec, 2003, s. 73). Následně by v další činnosti žáků byla využita *metoda písemných prací* – vyplňování pracovních listů. Při zodpovídání teoretických otázek vztahujících se k demonstrovanému pokusu by žáci také mohli využívat učebnice, příp. internet v mobilním telefonu. Těžiště práce žáků by v těchto fázích projektového dne spočívalo v individuální samostatné práci, při níž by se kombinoval písemný záznam pozorovaných jevů s prací s učebnicí, tabulkami, příp. jinými textovými informacemi.

Jádrem projektového dne by byla *skupinová a kooperativní výuka*, která by byla zaměřena na badatelské pokusy s mikrovlnnou troubou. V této části by se realizovala *aktivizující heuristická metoda*, při níž by žáci v malých tříčlenných skupinkách řešili problém zadaný skupinovým úkolem. Tato metoda rozvíjí aktivitu, flexibilitu a kooperaci, vede k samostatnému tvořivému myšlení a objevování. Zpravidla se při ní uplatňuje problémový přístup. Staví na základě vlastní učební činnosti žáků, má silně motivační charakter. Zároveň by žáci pracovali metodou dovednostně-praktickou, neboť vyřešení problému by záviselo na laborování a experimentování. V jeho průběhu by se nutně uplatňovala dělba práce, kdy by jednotliví členové pracovali na dílčích úkolech, a zároveň by společně nacházeli cestu k dosažení cíle – vyřešení úkolu. Práci ve skupině by nebylo možné uskutečňovat bez využití další aktivizující metody, což je *diskuzní metoda v malých pracovních skupinách*. Jednotliví žáci by při ní prezentovali své názory, nápady a postoje, vyměňovali by si poznatky a zkušenosti, snažili by se smysluplně vyjadřovat, aby je ostatní členové skupiny pochopili. Na druhé straně by se učili naslouchat ostatním. Skupinová činnost by měla pomáhat v budování sociálních vztahů a rozvoji kooperace a komunikace mezi žáky ve skupině. Všichni žáci ve skupině by se měli spojenými silami podílet na vyřešení úkolu a měli by nést společnou zodpovědnost za odvedenou práci. Dále by žáci ve skupině prováděli skupinovou písemnou práci, při níž by vyplňovali jeden pracovní list za celou skupinu. Učitel a odborník z praxe by v této fázi měli zastávat zejména funkci regulační, poradní, pomocnou a kontrolní. Po skončení této části by následovaly krátké prezentace jednotlivých skupin, kdy by žáci ve skupině stručně představili jejich úkol, popsali jejich výzkumné aktivity a přednesli by závěr, ke kterému došli. Ve sporných či nedořešených otázkách by mohli členové skupiny vybudit krátkou diskuzi s ostatními žáky, v níž by se mohly případně dozvědět

odlišné názory na dané téma. Tato část by tedy zahrnovala především metodu slovní, včetně diskuzní. Učitelka a odborník z praxe by zajišťovali řízení diskuze a zabývali by se organizací a usměrňováním prezentací a diskuzí. Po dokončení vyplňování skupinových pracovních listů by se společně věnovali hodnocení výsledků činnosti žáků.

### **Interní sdílení zkušeností pro ostatní pedagogické pracovníky školy**

Po realizovaném projektovém dnu mimo školu by se měla v nejbližších dnech uskutečnit pracovní schůzka pedagogických pracovníků ZŠ Kobyly. Na schůzce by všichni účastníci byli jednak informováni o teoretickém začlenění projektového dne do kurikula terénní výuky na českých základních školách (báze RVP, resp. ŠVP), jednak by byla zaměřena na sdílení praktických zkušeností a postřehů pedagoga a odborníka z praxe z proběhlého projektového dne. Byly by představeny konkrétní metody a formy výuky uplatněné během projektového dne. Prostor by byl dán také otevřené diskuzi, aby sdílení názorů a zkušeností bylo co nejefektivnější a vedlo k dalšímu rozvoji kompetencí přítomných pedagogických pracovníků.

**Tabulka 4: Stručný harmonogram projektového dne mimo školu**

	<b>Předpokládaná doba realizace</b>	<b>Plánovaná aktivita</b>
<b>1.</b>	<b>8:30–8:50</b> (20 minut)	Seznámení s odborníkem z praxe, seznámení s programem projektového dne, poučení o bezpečnosti a hygieně práce, obléknutí do pracovních plášťů, přesun do chemické laboratoře.
<b>2.</b>	<b>8:50–9:20</b> (30 minut)	Úvodní motivační demonstrační pokus a samostatná práce žáků – individuální vyplňování pracovních listů.
<b>3.</b>	<b>9:20– 9:30</b> (10 minut)	Přestávka (WC, pití).
<b>4.</b>	<b>9:30– 10:30</b> (60 minut)	Skupinová práce na 4 plánovaných pokusech a vyplňování skupinových pracovních listů, úklid pracovních míst.
<b>5.</b>	<b>10:30– 10:40</b> (10 minut)	Přestávka (WC, pití).
<b>6.</b>	<b>10:40 – 11:20</b> (40 minut)	Prezentace jednotlivých skupin po 10 minutách a vzájemné představování realizovaných pokusů, krátké diskuze nad pokusy.
<b>7.</b>	<b>11:20 – 11:50</b> (30 minut)	Závěrečný motivační demonstrační pokus a samostatná práce žáků – individuální vyplňování pracovních listů.
<b>8.</b>	<b>11:50 – 12:00</b> (10 minut)	Odevzdání individuálních a skupinových pracovních listů, rozloučení, odchod.

## **2.4 Pokusy projektového dne mimo školu**

V rámci projektového dne mimo školu bylo naplánováno šest chemických pokusů v chemické laboratoři Katedry chemie TUL – dva demonstrační a čtyři žakovské. Demonstrační pokusy jsou netradiční svými efekty, mají motivační charakter a jejich cílem je vybudit zájem žáků

o experimentování a přírodní vědy jako takové. Nejsou prováděny s využitím mikrovlnné trouby, protože by nebylo možné zprostředkovat žákům pozorování a efekty by zůstaly skryté v nitru trouby. Oba demonstrační pokusy by byly prezentovány učitelkou ZŠ Kobyly za asistence odborníka z praxe. První demonstrační pokus by byl proveden na úvod projektového dne a druhý na jeho závěr. Na základě pozorování by žáci vyplňovali individuálně a samostatně pracovní listy. Ty obsahují praktickou a teoretickou část. V praktické části by žáci popisovali, objasňovali a zdůvodňovali pozorované jevy. Opírali by se jak o přímé smyslové vnímání jevů, tak o dosavadní znalosti a zkušenosti. Část teoretická by spočívala v zodpovězení teoretických otázek, případně splnění zadaných úkolů. V této fázi se předpokládá možnost využití učebnic, případně tabulek, které by si žáci mohli s sebou vzít na projektový den, případně by mohli pro získání potřebných informací uplatnit své mobilní telefony.

Žákovské pokusy by byly založeny na experimentování žáků v malých tříčlenných skupinách. Každá skupina by řešila svůj vlastní úkol, odlišný od úkolů ostatních skupin, u svého pracovního místa. Skupiny by byly již předem připraveny ze školy. Při jejich utváření by měla poslední slovo učitelka, která žáky dobře zná a dokáže posoudit jejich schopnosti a dovednosti. V každé skupině by byl zastoupen jeden schopnější žák, jeden průměrný a jeden s nižšími schopnostmi a dovednostmi. Dále by při tvorbě skupin hrály významnou roli sympatie žáků, a to z důvodu větší sounáležitosti členů skupiny. Pracovní místa skupin by byla již vybavena potřebnými pomůckami a chemikáliemi, používanými při pokusu. Ve skupinách by si jednotliví členové rozdělili úkoly a každý by v experimentální části pracoval na svém dílu práce. Významnou úlohu by sehrávalo zaznamenávání a dokumentování dílčích kroků. V druhé části by žáci ve skupině společně vypracovávali jeden jediný skupinový pracovní list jako výsledek společné práce, který by nakonec odevzdávali. Vhodné by bylo si ve skupině zvolit jednoho zapisovatele, který by pracovní list vyplňoval.

Ke každému ze šesti experimentů je zpracován pracovní návod, pracovní list pro žáky a metodický list pro pedagoga. Pracovní návod obsahuje formulaci úkolu, teoretické principy pokusu, seznam použitých chemikálií a pomůcek, tj. didaktických prostředků, a pracovní postup. Pracovní list se vždy skládá ze dvou částí. První část se týká záznamu pozorování a zhodnocení průběhu pokusu, druhá část zahrnuje několik teoretických otázek, příp. úkolů, vztahujících se k danému pokusu. Metodický list pro pedagoga informuje o typu pokusu, použitých organizačních formách výuky a didaktických metodách, zařazení do RVP ZV, o ne/bezpečnosti pokusu, časové dotaci potřebné k jeho provedení a očekávaných pozorováních a výsledcích. Součástí metodického listu jsou i nejpravděpodobnější odpovědi, které by se v pracovních listech žáků měly nebo mohly vyskytnout.

# Butanové divadlo

## PRACOVNÍ NÁVOD

Zpracováno podle Švejdy (2008, s. 27), Ruska a Šmejkal (2018) a Pokus s propan-butanem (2020).



### ÚKOL:

Dokažte vlastnosti propanbutanové směsi pomocí následujícího pokusu.



### TEORIE:

Propan a butan jsou bezbarvé hořlavé plyny, které mají větší hustotu než vzduch. Patří do základní homologické uhlovodíkové řady zvané alkany. Jejich směs se vzduchem může být výbušná. Stlačením a následným ochlazením propan-butanu dochází ke kondenzaci směsi, tzn. přeměně z plynného na kapalné skupenství. V této podobě se plní do tlakových nádob. Směs se používá např. jako palivo pro plynové sporáky v domácnostech, do cestovních vařičů, jako náplň do zapalovačů nebo jako palivo do motorů automobilů. Po nastříkání kapalného propan-butanu do kádinky se směs začíná ihned vypařovat, tzn. mění se z kapaliny v plyn. Lze pozorovat orosení stěn kádinky. Směs propan-butanu je bezbarvá, a proto není vidět. Vzhledem k tomu, že směs je těžší než vzduch, stéká po žlábkou směrem dolů, kde následně vzplane od svíčky či lihového kahanu. Směs hoří žlutým čadivým plamenem, kdy dochází ke spalování na oxid uhličitý a vodu (Beneš aj., 2001, s. 36–37).



### CHEMIKÁLIE:

Zkapalněný propan, butan či jejich směs (náplň do plynového zapalovače), voda.



### POMŮCKY:

Zkumavka, kádinka (3000 ml), stojan, křížová svorka, klema, kovový žlábek (asi 60 cm, možno vyrobit i z několika vrstev alobalu), lihový kahan nebo svíčka, sirky, teploměr (s rozsahem do  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), ochranné brýle, ochranný plášť.



### POSTUP:

Nejprve pomocí svorky a klemy připevníme kovový žlábek šikmo na stojan. Poté u dolního konce žlábkou zapálíme svíčku nebo lihový kahan. Tlakovou nádobu (kartuš) s propanbutanovou směsí převrátíme dnem vzhůru a pomocí adaptéru vypustíme do připravené zkumavky několik mililitrů (asi 3 až 4 ml) kapaliny. Vstříkování je doprovázeno syčivým zvukem. Do zkumavky vložíme teploměr. (Možno využít jednoho z žáků.) Pozorujeme, že kapalina ve zkumavce vře, její teplota klesá pod  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , plyn se prudce odpařuje a na vnější straně zkumavky se vytváří jinovatka. Zbývající kapalinu ze zkumavky vylijeme opatrně do velké kádinky. Sledujeme, že kapalný propan-butan se rychle odpařuje. Neviditelný plyn nalijeme z kádinky do kovového šikmo upevněného žlábkou, u jehož spodní části hoří svíčka nebo kahan. Pozorujeme vznícení plynu, jenž stékal dolů žlábkem, což znamená, že má větší hustotu než vzduch.



# Butanové divadlo

## PRACOVNÍ LIST

<b>Jméno/jména:</b>		<b>Třída:</b>	
<b>Škola:</b>		<b>Datum:</b>	

### **Zapište výsledky pozorování a zhodnoťte provedení pokusu vyučujícím.**

- 1.) K jakým jevům dochází po vstříknutí zkapalněného propan-butanu do zkumavky a proč?
- 2.) Jaká teplota je odečtena na teploměru ve zkumavce? O jakou teplotu se jedná?
- 3.) Co se stane, když se směs „nalije“ z kádinky do šikmého žlábků směrem ke svíčke nebo kahanu? Vysvětlete příčiny daných jevů.
- 4.) Proč se směs nalévá do žlábků z kádinky a ne přímo ze zkumavky?
- 5.) Jakým plamenem hoří propanbutanová směs? Co vzniká při hoření v kádince a proč?
- 6.) Shledáváte tento pokus od přípravy až po vlastní provedení obtížným a nebezpečným? Uveďte důvody. Zaznamenali jste při jeho realizaci vyučujícím nějaké problémy? Co vás na pokusu nejméně a nejvíce bavilo?

### **Na základě dosavadních znalostí, případně s pomocí školních učebnic, tabulek nebo internetu zodpovězte následující otázky.**

- 7.) Zapište strukturní, racionální a molekulový vzorec propanu a butanu. Do jaké skupiny uhlovodíků obě látky patří?
- 8.) Vyhledejte a zapište teplotu varu propanu a butanu. Jaké přeměny skupenství, tzn. jedním směrem a opačným směrem, při této teplotě nastávají?
- 9.) Napište souhrnně co nejvíce vlastností (nejméně tři) propanbutanové směsi, které je možno od samého začátku pokusu pozorovat.

10.) Co je to LPG? Jaké je složení letní a zimní směsi LPG? Proč je výhodnější v létě tankovat letní směs a v zimě zimní směs?

## Butanové divadlo

### METODICKÝ LIST



#### TYP POKUSU:

Demonstrační, efektní motivační, při jeho realizaci „tichý“ (beze slov), poté s návodnými otázkami pedagoga za aktivní účasti žáků.



#### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI POKUSU:

Hromadná frontální výuka.



#### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI ZPRACOVÁNÍ PRAC. LISTŮ:

Frontální výuka s individuální samostatnou prací žáků.



#### DIDAKTICKÁ METODA:

Při realizaci pokusu metoda názorně-demonstrační (předvádění × pozorování), po proběhnutí pokusu metoda slovní – zejména metoda řízeného rozhovoru (návodné otázky pedagoga × názory a odpovědi žáků), příp. vysvětlování, diskuze, poté metoda písemných prací žáků kombinovaná s metodou práce s učebnicí, tabulkami a textem (využití internetu na mobilním telefonu) probíhající formou individuální samostatné práce žáků – vyplňování pracovních listů.



#### ZAŘAZENÍ DO RVP ZV:

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
Chemie	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovost.
		Žák určí společné a rozdílné vlastnosti látek.
	Směsi	Žák rozlišuje směsi a chemické látky.
	Chemické reakce	Žák rozliší výchozí látky a produkty chemických reakcí.
		Žák aplikuje poznatky o faktorech ovlivňujících průběh chemických reakcí v praxi a při předcházení jejich nebezpečnému průběhu.
	Organické sloučeniny	Žák rozliší nejjednodušší uhlovodíky, uvede jejich zdroje, vlastnosti a použití.
Žák zhodnotí užívání fosilních paliv a vyráběných paliv jako zdrojů energie a uvede příklady produktů průmyslového zpracování ropy.		

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
	Chemie a společnost	Žák se orientuje přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka.
Fyzika	Energie	Žák využívá poznatky o vzájemných přeměnách různých forem energie a jejich přenosu při řešení konkrétních problémů a úloh. Žák zhodnotí výhody a nevýhody využívání různých energetických zdrojů z hlediska vlivu na životní prostředí.



## NEBEZPEČNOST POKUSU:

Vzhledem ke zvýšeným bezpečnostním rizikům (hořlavosti a výbušnosti směsi) provádí pokus pouze vyučující. Zvláštní pozornosti a opatrnosti je třeba dbát při přečerpávání plynu do zkumavky. Nutno pracovat v dostatečné vzdálenosti od svíčky nebo kahanu, aby nedošlo k předčasnému vzplanutí, příp. explozi. Propan a butan jsou extrémně hořlavé plyny. Dále není také vhodné lít zkvalněný plyn do plamenu rovnou ze zkumavky. Bezpečnější je přelit ho nejdříve do kádinky. Směs prudce vzplane od svíčky či kahanu až ke kádince, ale od stěn kádinky se nelze popálit. Propan-butan se totiž spaluje velice rychle, proto nedochází k zahřívání kádinky. Velmi důležité je také držet kádinku pevně a nehýbat s ní směrem k obličeji.

Identifikace nebezpečnosti	
Chemikálie	H-věty
Propan-butan	H220 Extrémně hořlavý plyn.
	H280 Obsahuje plyn pod tlakem: při zahřívání může vybuchnout.



## ČASOVÁ DOTACE:

Asi 5 minut provedení pokusu a 30 minut vyplňování pracovních listů.

## VZOROVÝ PRACOVNÍ LIST

- 1.) K jakým jevům dochází po vstříknutí zkvalněného propan-butanu do zkumavky a proč?  
*Kapalná směs ve zkumavce vře, její teplota je pod 0 °C, protože teplota varu směsi se nachází pod bodem mrazu. Při normální pokojové teplotě (20 °C) se plyn se prudce odpařuje a na vnější straně zkumavky dochází k orosení – vytváří se jinovatka.*
- 2.) Jaká teplota je odečtena na teploměru ve zkumavce? O jakou teplotu se jedná?  
*Na teploměru je odečtena teplota asi kolem -3 až -5 °C, která by se měla přibližovat teplotě varu propanbutanové směsi.*
- 3.) Co se stane, když se směs „nalije“ z kádinky do šikmého žlábků směrem ke svíčce nebo kahanu? Vysvětlete příčiny daných jevů.  
*Plynná směs stéká po žlábků dolů, tzn. má větší hustotu než vzduch. U spodního konce*

žlábků prudce vzplane od svíčky nebo kahanu až ke kádince, protože oba plyny směsi jsou extrémně hořlavé.

- 4.) Proč se směs nalévá do žlábků z kádinky a ne přímo ze zkumavky?

*Spalování propan-butanu je natolik rychlé, že nedochází k ohřívání kádinky, a tudíž se od jejích stěn nelze popálit. Zkumavka je proti kádince mnohem menší, proto by bylo možné se od ní popálit.*

- 5.) Jakým plamenem hoří propanbutanová směs? Co se usazuje při hoření na stěnách kádinky a proč?

*Propanbutanová směs hoří žlutým až oranžovým svítivým čadivým plamenem. Při spalování se na stěnách kádinky usazují saze, protože dochází k nedokonalému spalování propanbutanové směsi z důvodu nedostatku kyslíku, většího poměru množství uhlíku ku množství vodíku v molekulách propanu a butanu a nízké teploty spalování.*

- 6.) Shledáváte tento pokus od přípravy až po vlastní provedení obtížným a nebezpečným?

Uveďte důvody. Zaznamenali jste při jeho realizaci vyučujícím nějaké problémy? Co vás na něm nejméně a nejvíce bavilo?

*Pokus je z hlediska bezpečnosti práce vysoce rizikový, směs je extrémně hořlavá a za určitých podmínek (v určitém poměru se vzduchem) výbušná.*

+ *Různé názory, myšlenky, postoje a hodnotící soudy žáků.*

- 7.) Zapiš strukturní, racionální a molekulový vzorce propanu a butanu. Do jaké skupiny uhlovodíků obě látky patří?

$  \begin{array}{c}  \text{H} & \text{H} & \text{H} \\    &   &   \\  \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\    &   &   \\  \text{H} & \text{H} & \text{H}  \end{array}  $	<i>Propan</i>	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$	$\text{C}_3\text{H}_8$
$  \begin{array}{c}  \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\    &   &   &   \\  \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\    &   &   &   \\  \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H}  \end{array}  $	<i>Butan</i>	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$	$\text{C}_4\text{H}_{10}$

*Oba uhlovodíky patří do skupiny alkanů.*

- 8.) Vyhledejte a zapište teplotu varu propanu a butanu. Jaké přeměny skupenství, tzn. jedním směrem a opačným směrem, při této teplotě nastávají?

$$t_v(\text{C}_3\text{H}_8) = -45\text{ }^\circ\text{C}, t_v(\text{C}_4\text{H}_{10}) = -0,5\text{ }^\circ\text{C}$$

*Při teplotě varu dochází k vypařování (přeměna z kapaliny na plyn) nebo naopak ke kondenzaci, tj. kapalnění (přeměna z plynu na kapalinu).*

- 9.) Napište souhrnně co nejvíce vlastností (nejméně tři) propanbutanové směsi, které je možno od samého začátku pokusu pozorovat.

*Stlačitelnost – uchování pod tlakem v tlakových nádobách, teplota varu pod bodem mrazu, těžší než vzduch, extrémní hořlavost, bezbarvá směs.*

10.) Co je to LPG? Jaké je složení letní a zimní směsi LPG? Proč je výhodnější v létě tankovat letní směs a v zimě zimní směs?

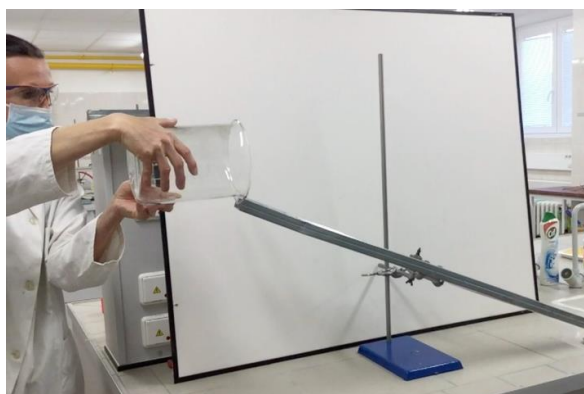
*LPG je zkapalněný ropný plyn (z ang. Liquefied Petroleum Gas) – směs uhlovodíkových plynů propanu a butanu, používá se jako palivo do spalovacích motorů vozidel.*

*Letní LPG směs = 40 % propanu a 60 % butanu (od 1. 4. do 31. 10.) × zimní směs = 60 % propanu a 40 % butanu (od 1. 11. do 31. 3).*

$t_v(\text{letní směs}) = -5,3 \text{ °C} \times t_v(\text{zimní směs}) = -11,7 \text{ °C}$

*Letní směs je pro motor výhodnější z důvodu vyššího obsahu butanu, který má vyšší teplotu varu ( $-0,5 \text{ °C}$ ) a vyšší výhřevnost, a tím pádem má vozidlo nižší spotřebu.*

*Zimní směs naopak obsahuje větší podíl propanu, jehož teplota varu je mnohem nižší ( $-45 \text{ °C}$ ). Proto se na rozdíl od butanu dobře odpařuje i při teplotách pod bodem mrazu, čímž zajistí dostatečný tlak pro bezproblémový chod motoru. Právě odpařováním LPG vzniká v nádrži potřebný tlak pro dopravu kapalného LPG do motoru. To, při jaké teplotě dochází k odpařování LPG a udržování potřebného tlaku v nádrži, závisí na vzájemném poměru propanu a butanu. Letní směs se odpařuje asi při  $-5 \text{ °C}$  a zimní při  $-12 \text{ °C}$  (viz  $t_v$ ).*



**Obrázek 12: Butanové divadlo**

*Foto autorka*

# Hořící ruce aneb o spásné vodě

## PRACOVNÍ NÁVOD

Zpracováno podle Ruska a Šmejkal (2018) a Hořlavé ruce (2020).



### ÚKOL:

Dokažte a porovnejte vlastnosti methanu a propan-butanu pomocí následujícího pokusu.



### TEORIE:

Methan je hořlavý plyn bez barvy a zápachu, lehčí než vzduch, v určitém poměru se vzduchem se může chovat jako výbušná směs. Tvoří hlavní složku zemního plynu (70 % až 90 %), bahenního plynu a bioplynu. Propan a butan mají podobné vlastnosti jako methan, ale jsou těžší než vzduch a jdou velmi snadno zkapalnit, a tím pádem plnit do tlakových nádob. Jejich zdrojem je zejména ropa a též zemní plyn. Propanbutanová směs se používá např. jako palivo pro plynové sporáky v domácnostech, do cestovních vařičů, jako náplň do zapalovačů nebo jako palivo do motorů automobilů (Beneš aj., 2001, s. 36–37). Všechny tři plyny patří do základní homologické uhlovodíkové řady zvané alkany. Pokud se tyto plyny nechají probublávat do saponátové vody, dochází k tvorbě pěny a plyny jsou zachyceny v bublinách napěněného saponátu. Spalováním těchto plynů na vzduchu vzniká oxid uhličitý a voda (vodní pára). Voda hraje v tomto pokusu významnou roli, zejména díky svému vysokému výparnému teplu neboli měrnému skupenskému teplu varu, označované  $L_v$ ,  $[L_v] = \text{J/kg}$ . Většina tepla uvolněná při spálení příslušného plynu se spotřebuje právě na vypaření vody. Rozdíl ve spalování methanu a propan-butanu je dán jednak molárními hmotnostmi těchto látek a jednak množstvím tepla, které se uvolní při spalování stejných objemů plynů, zvané spalné teplo reakce. Jelikož methan má oproti molekulám propanu a butanu menší molekulu a též menší molární hmotnost, je těkavější a shoří rychleji větším a světlejším plamenem. Na druhé straně hodnota spalného reakčního tepla je u propanu a butanu větší, tudíž lze při jeho spalování pocítit na rukou i větší teplotu. Propanbutan hoří pomaleji, plamen je sytější (má výraznější oranžovou barvu) a po jeho spálení se objevují známky sazí, tzn. nedokonalého spalování.



### CHEMIKÁLIE:

Zemní plyn a zkapalněný propan-butan (náplň do plynového zapalovače), saponát (jar), voda.



### POMŮCKY:

Nádoba, do níž lze položit ruce až po lokty (vana, lavor nebo dřez), sirky (špejle nebo zapalovač), hadička napojená na přívod zemního plynu, kartuš s náplní do plynového zapalovače a s adaptérem, ochranné brýle, ochranný plášť.



### POSTUP:

Do větší nádoby nalijeme takové množství vody, aby bylo možné si v ní smočit ruce až po lokty. Přidáme trochu jaru, asi jako když myjeme nádoby. Poté si vyhrneme rukávy co nejvýše nad lokty a sundáme z rukou jakékoliv předměty (hořlavé i kovové). Ruce ponoříme do vody minimálně po lokty, řádně opláchneme a namočíme. Po vyndání je ničím neosušíme, musí zůstat mokré! Do vody v nádobě ponoříme hadičku vedoucí od kohoutu přívodu zemního plynu. Na konec hadičky můžeme připevnit skleněnou nálevku, aby se nám tvořily větší bubliny. Plyn necháme probublávat saponátovou vodou tak dlouho, dokud se na povrchu nevytvoří

uspokojivé množství bublin. Když už jich bude dostatek, tj. „velká hromada“, nabere je do vlhkých dlaní. Otočíme se raději zády k nádobě a poodstoupíme od nádoby s vodou alespoň na 0,5 až 1 metr na místo, kde se v okolí nenacházejí žádné hořlavé předměty a do stropu je dostatečně vysoko. Ruce s bublinami natáhneme poníž před sebe. Jiná osoba zapálí sirku (špejli, zapalovač), nebo křesadlem vykřeše jiskru, a tímto hořícím předmětem zažehne bubliny. Po pár sekundách (podle subjektivního pocitu tepla) od sebe dlaně odtrhneme do strany, čímž oheň ustane. Pozorujeme výšku a barvu plamene, rychlost hoření a vnímáme pocit tepla. Na závěr je možno se zvýšenou opatrností zapálit i zbylé bubliny v nádobě.

Pokus zopakujeme s propan-butanem. Postup je obdobný, pouze bubliny vytvoříme pomocí adaptéru kartuše s propanbutanovou směsí.

<b>Hořící ruce aneb o spásné vodě</b>			
<b>PRACOVNÍ LIST</b>			
<b>Jméno/jména:</b>		<b>Třída:</b>	
<b>Škola:</b>		<b>Datum:</b>	

**Zapište výsledky pozorování a zhodnoťte provedení pokusů vyučujícím.**

- 1.) K jakému jevu dochází po probublávání saponátové vody v obou variantách pokusu? Pozorujete nějaké rozdíly ve velikosti či množství bublin?
- 2.) Kdyby v nádobě s vodou nebyl saponát, mohlo by dojít ke stejnému efektu? Co se tedy děje v případě, že je ve vodě obsažen také saponát?
- 3.) Popište hoření zemního plynu (rychlost hoření, výška, barva a čadivost plamene, informace od vyučujícího o vnímání pocitu tepla, příp. výhřevnost plynu,...). Jaký plyn tvoří hlavní složku zemního plynu?
- 4.) Popište hoření propan-butanu (rychlost hoření, výška, barva a čadivost plamene, informace od vyučujícího o vnímání pocitu tepla, příp. výhřevnost plynu,...).
- 5.) Díky čemu vyučujícího hořící plyn nepopálil? Pokuste se vysvětlit odborněji.
- 6.) Shledáváte tento pokus od přípravy až po vlastní provedení obtížným a nebezpečným? Uveďte důvody. Zaznamenali jste při jeho realizaci vyučujícím nějaké problémy? Co vás na něm nejméně a nejvíce bavilo?

**Na základě dosavadních znalostí, případně s pomocí školních učebnic, tabulek nebo internetu zodpovězte následující otázky.**

- 7.) Zapište strukturální vzorec methanu, propanu a butanu. Jaký uhlovodík v této řadě chybí? Zakreslete ho též strukturálním vzorcem. O jakou základní řadu uhlovodíků se jedná?
- 8.) Zapište molární hmotnosti methanu, propanu a butanu a porovnejte je. Lze z těchto hodnot usoudit na rychlost spalování methanu a propan-butanu a charakter plamene?
- 9.) Jak jinak lze nazvat proces spalování paliv? O jaký typ reakce se jedná? Vysvětlete, k jaké přeměně energie při ní dochází.
- 10.) Zapište chemickými reakcemi reakci dokonalého a reakci/reakce nedokonalého spalování propanu. V jakých faktorech se liší?

## Hořící ruce aneb o spásné vodě

### METODICKÝ LIST



#### TYP POKUSU:

Demonstrační, efektní motivační, při jeho realizaci „tichý“ (beze slov), poté s návodnými otázkami pedagoga za aktivní účasti žáků.



#### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI POKUSU:

Hromadná frontální výuka.



#### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI ZPRACOVÁNÍ PRAC. LISTŮ:

Frontální výuka s individuální samostatnou prací žáků.



#### DIDAKTICKÁ METODA:

Při realizaci pokusu metoda názorně-demonstrační (předvádění × pozorování), po proběhnutí pokusu metoda slovní – zejména metoda řízeného rozhovoru (návodné otázky pedagoga × názory a odpovědi žáků), příp. vysvětlování, diskuze, poté metoda písemných prací žáků kombinovaná s metodou práce s učebnicí, tabulkami a textem (využití internetu na mobilním telefonu) probíhající formou individuální samostatné práce žáků – vyplňování pracovních listů.





## ZAŘAZENÍ DO RVP ZV:

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
Chemie	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Žák určí společné a rozdílné vlastnosti látek.
		Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovost.
	Směsi	Žák rozlišuje směsi a chemické látky.
	Chemické reakce	Žák rozliší výchozí látky a produkty chemických reakcí, uvede příklady prakticky důležitých chemických reakcí, provede jejich klasifikaci a zhodnotí jejich využívání.
		Žák aplikuje poznatky o faktorech ovlivňujících průběh chemických reakcí v praxi a při předcházení jejich nebezpečnému průběhu.
	Organické sloučeniny	Žák rozliší nejjednodušší uhlovodíky, uvede jejich zdroje, vlastnosti a použití.
Žák zhodnotí užívání fosilních paliv a vyráběných paliv jako zdrojů energie a uvede příklady produktů průmyslového zpracování ropy.		
Chemie a společnost	Žák se orientuje přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka.	
Fyzika	Energie	Žák využívá poznatky o vzájemných přeměnách různých forem energie a jejich přenosu při řešení konkrétních problémů a úloh.
		Žák zhodnotí výhody a nevýhody využívání různých energetických zdrojů z hlediska vlivu na životní prostředí.



## NEBEZPEČNOST POKUSU:

Vzhledem ke zvýšeným bezpečnostním rizikům (hořlavosti a výbušnosti látek) provádí pokus pouze vyučující.

Identifikace nebezpečnosti	
Chemikálie	H-věty
Methan	H220 Extrémně hořlavý plyn.
	H280 Obsahuje plyn pod tlakem; při zahřívání může vybuchnout.
Propan-butan	H220 Extrémně hořlavý plyn.
	H280 Obsahuje plyn pod tlakem; při zahřívání může vybuchnout.

*Bezpečnostní opatření a doporučení:*

- Pokus provádět v místech, kde se nenachází žádné zdroje otevřeného ohně a tepla ani snadno hořlavé materiály a kde nehrozí ožehnutí svítidel nebo jiných předmětů na stropě.

- Zkontrolovat, zda na sobě nemáme jakékoliv oblečení z hořlavých materiálů (např. polyestery), raději použít bavlněný plášť nebo bavlněné tričko s krátkým rukávem.
- V případě delších vlasů je stáhnout do culíku a ten pro jistotu zasunout pod plášť.
- Používat ochranné brýle. V případě bohatší ofiny načesané před rovinu obličeje nebo více natužených vlasů pokus raději neprovádět.
- Vyhrnout si rukávy nad lokty a zajistit je tak, aby ani při pohybu neslézaly.
- Sundat z rukou jakékoliv předměty hořlavé i kovové (náramky, prstýnky).
- Těsně před probubláváním plynem si ruce řádně omýt až k loktům saponátovou vodou. Pokud by během vytváření bublin došlo k vysušení rukou, znovu je navlhčit saponátovou vodou bez plynu.
- Pokud se pokus provádí ve venkovních prostorách, dávat pozor na směr a sílu větru. V případě silnějšího větru raději pokus nerealizovat.
- Při „hoření“ rukou nepanikařit, oheň nepálí. Je však nutné vnímat teplo na rukou a včas od sebe ruce odtrhnout. Plamen se uhasí prudkým pohybem rukou dozadu.
- V případě použití propan-butanu počítat s větší výhřevností a pomalejším hořením než u methanu, a tudíž s možností, že ruce mohou trošičku pálit.
- Při použití zemního plynu nezapomenout po napěnění vypnout přívod plynu.
- Po nabrání pěny do dlaní a otočení se zády k nádobě zbytečně necákat po zemi, aby následně nedošlo k uklouznutí.
- Pokus před první realizací před dětmi určitě vyzkoušet předem, a tím se připravit na případné záludnosti.

(Rusek a Šmejkal, 2018; Hořlavé ruce, 2020)



## ČASOVÁ DOTACE:

Asi 10 minut provedení pokusu ve dvou alternativách (se zemním plynem a s propan-butanem) a 30 minut vyplňování pracovních listů.

## VZOROVÝ PRACOVNÍ LIST

- 1) K jakému jevu dochází po probublávání saponátové vody v obou variantách pokusu? Pozorujete nějaké rozdíly ve velikosti či množství bublin?

*Dochází k napěnění, což znamená vytvoření různorodě směsi zvané pěna. Co se týče velikosti bublin, záleží na schopnosti vyučujícího vytvořit co největší bubliny. Při použití skleněné nálevky nasazené na hadičce s přívodem zemního plynu se tvoří bubliny daleko větší. Při použití kartuše s propan-butanem je v nádobě daleko větší tlak, proto i bublin se tvoří více.*

- 2) Kdyby v nádobě s vodou nebyl saponát, mohlo by dojít ke stejnému efektu? Co se tedy děje v případě, že je ve vodě obsažen také saponát?

*Ke stejnému efektu by nedošlo. Saponát se při probublávání naplňuje molekulami plynu, tzn. tvoří různorodou směs zvanou pěna. Bez saponátu se pěna netvoří ani se vzduchem.*

- 3) Popište hoření zemního plynu (rychlost hoření, výška, barva a čadivost plamene, informace od vyučujícího o vnímání pocitu tepla, příp. výhřevnost plynu,...). Jaký plyn tvoří hlavní složku zemního plynu?

*Zemní plyn (methan): hoří rychleji, vyšší, méně svítivý a méně čadivý plamen, slabší pocit tepla v dlaních, tzn. nižší výhřevnost. Hlavní složku zemního plynu tvoří methan.*

- 4) Popište hoření propan-butanu (rychlost hoření, výška, barva a čadivost plamene, informace od vyučujícího o vnímání pocitu tepla, příp. výhřevnost plynu,...).

*Propan-butan: hoří pomaleji, nižší, svítivější, oranžovější a čadivější plamen, silnější pocit tepla v dlaních, tzn. vyšší výhřevnost.*

- 5) Díky čemu vyučujícího hořící plyn nepopálil? Pokuste se vysvětlit odborněji.

*Plamen nepálí z důvodu ochrany rukou smočením ve vodě, neboť voda má vysokou hodnotu výparného tepla neboli měrného skupenského tepla varu. Proto se většina tepla uvolněná při spalení příslušného plynu spotřebuje zejména na vypaření vody, a to i té, která vznikne jako produkt hoření plynu.*

- 6) Shledáváte tento pokus od přípravy až po vlastní provedení obtížným a nebezpečným? Uveďte důvody. Zaznamenali jste při jeho realizaci vyučujícím nějaké problémy? Co vás na něm nejméně a nejvíce bavilo?

*Pokus je z hlediska bezpečnosti práce velice rizikový, ale při dodržení všech bezpečnostních opatření je jednoduše proveditelný.*

*+ Různé názory, myšlenky, postoje a hodnotící soudy žáků.*

- 7) Zapište strukturní vzorec methanu, propanu a butanu. Jaký uhlovodík v této řadě chybí? Zakreslete ho též strukturním vzorcem. O jakou základní řadu uhlovodíků se jedná?

1. methan	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	2. ethan	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
3. propan	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	4. butan	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$

*Jedná se o uhlovodíkovou řadu alkanů.*

- 8) Zapište molární hmotnosti methanu, propanu a butanu a porovnejte je. Lze z těchto hodnot usoudit na rychlost spalování methanu a propan-butanu a charakter plamene?

$$M(\text{CH}_4) = 16,0 \text{ g/mol} < M(\text{C}_3\text{H}_8) = 44,1 \text{ g/mol} < M(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 58,1 \text{ g/mol}$$

*methan: rychlejší spalování, světlejší, vyšší a málo čadivý plamen (málo sazí)*

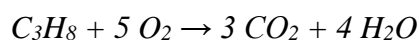
*propan-butan: pomalejší spalování, sytější, nižší a čadivější plamen (více sazí)*

- 9) Jak jinak lze nazvat proces spalování paliv? O jaký typ reakce se jedná? Vysvětlete, k jaké přeměně energie při ní dochází.

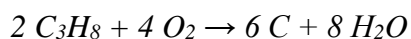
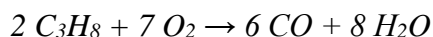
*Spalování neboli hoření, příp. oxidace, je redoxní exotermická chemická reakce, tzn. dochází při ní k uvolňování energie. Chemická energie vázaná ve spalovaném palivu se přeměňuje na energii tepelnou.*

- 10) Zapište chemickými reakcemi reakci dokonalého a reakci/reakce nedokonalého spalování propanu. V jakých faktorech se liší?

*Dokonalé spalování propanu probíhá v nadbytku kyslíku, vzniká voda a oxid uhličitý.*



*Nedokonalé spalování se uskutečňuje při menším množství kyslíku, nebo při jeho nedostatku. V prvním případě vzniká místo oxidu uhličitého oxid uhelnatý, v druhém případě se propan spaluje pouze na vodu a uhlík (saze).*



**Obrázek 13: Hoření zemního plynu a butanu**

*Foto autorka*

# Rozpouštění tuků s různým obsahem vody

## PRACOVNÍ NÁVOD

Zpracováno podle Šulcové a Böhmové (2007, s. 77–78).



### ÚKOL:

Sledujte dobu rozpouštění vzorků různých druhů ztužených tuků v mikrovlnné troubě a vliv obsahu vody na tuto dobu. Dále pozorujte změnu vzhledu vzorků při tomto rozpouštění.



### TEORIE:

Voda je polární sloučenina, která mikrovlnné záření absorbuje, a její molekuly jsou tudíž rozkmitávány velice intenzivně. Naproti tomu málo polární molekuly tuku jsou mikrovlnným zářením rozkmitávány omezeně, a proto zahřívání tuku závisí zejména na obsahu vody v něm přítomném. Nejvhodnější pro ohřev jsou tukové výrobky s vysokým obsahem tuku (až 100 %), nepřepalují se a pozvolna se rozpouští. Na rozdíl od toho tukové výrobky s nízkým obsahem tuku a vysokým podílem vody se brzy ohřejí a poté se již začínají přepalovat.



### CHEMIKÁLIE:

Různé druhy ztužených tuků rostlinných i živočišných (např. máslo, Rama, Hera, Omega, sádlo, pomazánkové máslo), voda.



### POMŮCKY:

Mikrovlnná trouba, laboratorní váha, 7 menších hodinových sklíček, plastová lžička nebo nůž, lihový fix, ochranné brýle, ochranný plášť.



### POSTUP:

Na každé hodinové sklíčko navažte stejné množství vzorku tukového výrobku (asi 1,5 g) a lihovým fixem na okraji sklíčka zkratkou popište, o jaký vzorek se jedná. Vzorky pak vložte najednou na otočný talíř MT (nejlépe do kruhu) a výkon MT naprogramujte na 400 W. Doba měření nastavte na 90 s. Po každých 5 s ohřívání přerušete a rychle si na zaznamenejte, který druh tuku se již rozehřívá, případně škvaří. Vhodný je také fotografický záznam. Měřte čas do úplného roztavení všech vzorků. Potom vyjměte otočný talíř a zaznamenejte si, jaký je výsledný vzhled každého vzorku (opět nejlépe fotograficky). Vzorky nechte zchladnout a poté znovu posuďte, jaká je aktuální podoba každého vzorku. Pokud si nejste jisti přesností společného pozorování vzorků, můžete následně vzorky navažit ještě jednou a rozpouštět je postupně po jednom.

# Rozpouštění tuků s různým obsahem vody

## PRACOVNÍ LIST

<b>Jméno/jména:</b>		<b>Třída:</b>	
<b>Škola:</b>		<b>Datum:</b>	

**Zapište výsledky pozorování a zhodnoťte provedení pokusu.**

- 1) Vyplněte následující tabulku podle informací na obalech tukových výrobků a podle výsledků pozorování.

<b>Tukový výrobek</b>	<b>Minimální obsah tuku</b>	<b>Doba do roztavení</b>
Pomazánkové máslo		
Rama (margarín)		
Hera (rostlinný tuk)		
Máslo		
Omega (rostlinný tuk)		
Sádlo		

- 2) Popište stručně vzhled daného tukového výrobku před rozpuštěním, těsně po rozpuštění a po vychladnutí.

<b>Tukový výrobek</b>	<b>Před rozpuštěním</b>	<b>Po rozpuštění</b>	<b>Po vychladnutí</b>
Pomazánkové máslo			
Rama (margarín)			
Hera (rostlinný tuk)			
Máslo			
Omega (rostlinný tuk)			
Sádlo			

- 3) Proč se tukové výrobky s menším procentem tuku a větším podílem vody v mikrovlnné troubě ohřívají rychleji?
- 4) Které ze zkoumaných tukových výrobků jsou vhodné ke smažení a proč? Vysvětlete souvislost s množstvím vody v nich obsažených. Který ze zkoumaných tuků byste na smažení nikdy nepoužili?

- 5) Shledáváte tento pokus od přípravy až po vlastní provedení obtížným? Kde jste při jeho realizaci zaznamenali největší problémy? Co vás na něm nejméně a nejvíce bavilo?

**Na základě dosavadních znalostí, případně s pomocí školních učebnic, tabulek nebo internetu zodpovězte následující otázky.**

- 6) Které látky se nazývají tuky? Jak se nazývá chemická reakce, při níž vznikají?

- 7) Co mají společného tuky v dané skupině?

*Máslo, sádlo, lůj, rybí tuk:*

*Slunečnicový olej, řepkový olej, olivový olej, palmový tuk, kakaový tuk, arašídové máslo:*

- 8) Doplňte následující věty:

*Kapalné tuky se nazývají ..... Obsahují estery kyseliny olejové a dalších karboxylových kyselin, v jejichž molekulách se nacházejí ..... vazby mezi atomy uhlíku.*

*Pevné, příp. mazlavé tuky jsou především estery kyseliny ..... a .....  
Ve svých molekulách mají pouze ..... vazby mezi atomy uhlíku.*

- 9) Jakými výrobními procesy se z přírodních materiálů získávají tuky? Uveď název daného procesu a k němu příklad konkrétního tuku.
- 10) Co se děje při ztužování tuků? Vysvětlete, jak tento proces probíhá.

## Rozpouštění tuků s různým obsahem vody

### METODICKÝ LIST



#### TYP POKUSU:

Žákovský skupinový s dílčím rozdělením úkolů ve skupině, ověřující – potvrzující.



#### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI POKUSU:

Skupinová a kooperativní výuka, laboratorní cvičení v chemické laboratoři.



## ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI ZPRACOVÁNÍ PRAC. LISTŮ:

Skupinová a kooperativní výuka.



## DIDAKTICKÁ METODA:

V experimentální části: aktivizující heuristická metoda – žáci ve tříčlenných skupinkách řeší problém zadaný úkolem v pracovním návodu, zároveň metoda dovednostně-praktická – vyřešení problému závisí na laborování a experimentování žáků, dále aktivizující metoda diskuzní – diskuze v malých pracovních skupinách.

V následné části: metoda slovní – metoda písemných prací žáků, tj. vyplňování pracovních listů, kombinovaná s metodou práce s učebnicí, tabulkami a textem (využití internetu na mobilním telefonu), též aktivizující metoda diskuzní – diskuze v malých pracovních skupinách.

Z pozice učitele: metoda slovní – vysvětlování (rady, pomoc), metoda názorně-demonstrační – předvádění, instruktáž.



## ZAŘAZENÍ DO RVP ZV:

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
Chemie	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Žák určí společné a rozdílné vlastnosti látek. Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovost.
	Směsi	Žák rozlišuje směsi a chemické látky.
	Organické sloučeniny	Žák rozliší vybrané deriváty uhlovodíků včetně přírodních látek, uvede jejich zdroje, vlastnosti a použití.
Fyzika	Látky a tělesa	Žák změří vhodně zvolenými měřidly některé důležité fyzikální veličiny charakterizující látky a tělesa.
	Energie	Žák využívá poznatky o přeměnách různých forem energie a jejich přenosu při řešení konkrétních problémů a úloh.
Přírodopis	Biologie rostlin	Žák uvede význam hospodářsky důležitých rostlin a způsob jejich pěstování.
	Biologie živočichů	Žák zhodnotí význam živočichů v přírodě i pro člověka.



## NEBEZPEČNOST POKUSU:

Nízká, žák může pracovat se všemi potřebnými chemikáliemi (tukovými výrobky). Při jejich zahřívání je ale nutno mikrovlnnou troubu v krátkých časových úsecích vypínat.



## ČASOVÁ DOTACE:

Asi 30 minut příprava a provedení pokusu a 30 minut vypracování pracovního listu.



## POZOROVÁNÍ A VÝSLEDKY:

Proces zahřívání a rozpouštění vzorků tuků je u tukových výrobků s menším podílem tuku a větším obsahem vody velmi rychlý, proto je třeba MT vypínat v krátkých časových úsecích,



aby bylo možno včas zaznamenat změny v ohřevu, a tím pádem ve vzhledu vzorku. Nejdříve se začne pálit pomazánkové máslo, jež kromě tuku a vody obsahuje také další složky. Výsledky potvrzují, že čím vyšší je obsah tuku a menší podíl vody, tím více se prodlužuje doba potřebná k roztavení vzorku. Při ohřívání rostlinných tuků s větším podílem vody se zároveň odděluje žluté barvivo, které po odpaření vody zůstane na hodinovém sklíčku. Vzorky s velkým podílem tuku mají po ochlazení vzhled podobný původnímu.

### VZOROVÝ PRACOVNÍ LIST

1)

Tukový výrobek	Minimální obsah tuku	Doba do roztavení
Pomazánkové máslo	31 %	?
Rama (margarín)	60 %	30 s
Hera (rostlinný tuk)	72 %	35 s
Máslo	82 %	45 s
Omega (rostlinný tuk)	100 %	55 s
Sádlo	100 %	60 s

2)

Tukový výrobek	Před rozpuštěním	Po rozpuštění	Po vychladnutí
Pomazánkové máslo	<i>bílé mazlavé</i>	?	?
Rama (margarín)	<i>nažloutlá mazlavá</i>	?	?
Hera (rostlinný tuk)	<i>nažloutlá tužší</i>	?	?
Máslo	<i>smetanové tuhé</i>	?	?
Omega (rostlinný tuk)	<i>bílá tuhá</i>	?	?
Sádlo	<i>bílé tuhé</i>	?	?

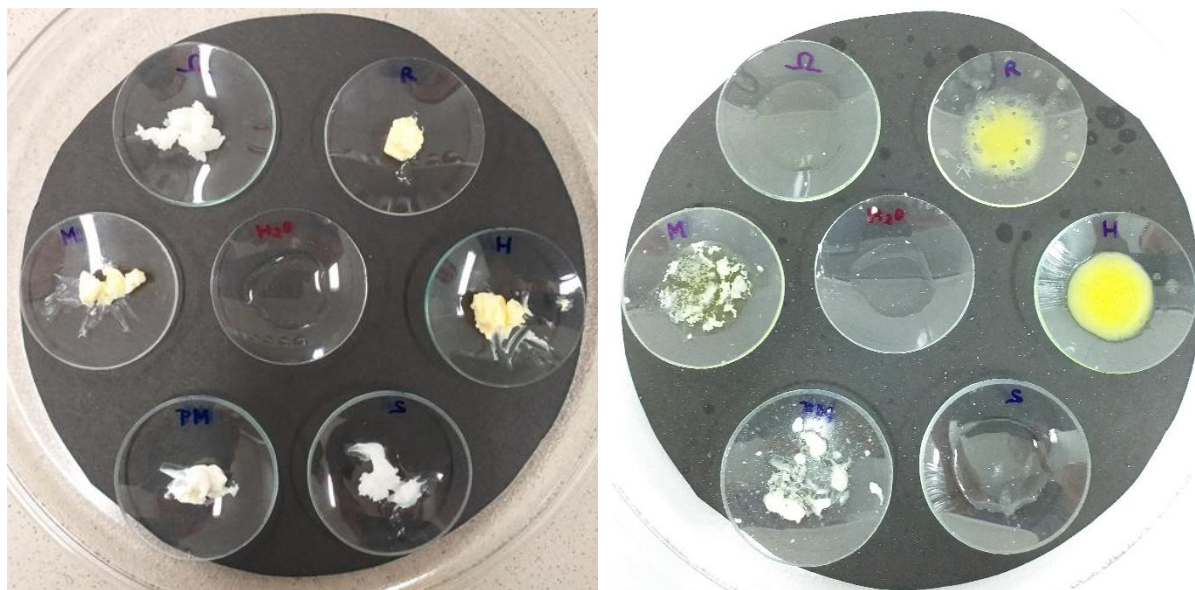
3) Proč se tukové výrobky s menším procentem tuku a větším podílem vody v mikrovlnné troubě ohřívají rychleji?

*Voda je polární rozpouštědlo, které absorbuje mikrovlnné záření. Molekuly vody jsou jím rozkmitávány, pohybová energie částic se přeměňuje na tepelnou. Čím více vody, tím více tepelné energie.*

4) Které ze zkoumaných tukových výrobků jsou vhodné ke smažení a proč? Vysvětlete souvislost s množstvím vody v nich obsažených. Který ze zkoumaných tuků byste na smažení nikdy nepoužili?

*Ke smažení jsou nejvhodnější 100% tuky, tj. s minimálním množstvím vody. Rozpouštějí se a zahřívají se pomalu, tudíž se nepřepalují a neprskají. Na smažení, ale i k jakékoliv tepelné úpravě je naprosto nevhodné pomazánkové máslo, neboť kromě velkého množství vody obsahuje i další látky.*

- 5) Shledáváte tento pokus od přípravy až po vlastní provedení obtížným? Kde jste při jeho realizaci zaznamenali největší problémy? Co vás na něm nejméně a nejvíce bavilo?  
*Různé názory, myšlenky, postoje a hodnotící soudy žáků.*
- 6) Které látky se nazývají tuky? Jak se nazývá chemická reakce, při níž vznikají?  
*Tuky jsou estery alkoholu glycerolu a organických kyselin s větším počtem atomů uhlíku v molekule (zejména kyseliny palmitové, stearové a olejové). Vznikají esterifikací.*
- 7) Co mají společného tuky v dané skupině?  
*Máslo, sádlo, lůj, rybí tuk: živočišný původ.*  
*Slunečnicový olej, řepkový olej, olivový olej, palmový tuk, kakaový tuk, arašídové máslo: rostlinný původ.*
- 8) Doplněte následující věty:  
*Kapalné tuky se nazývají oleje. Obsahují estery kyseliny olejové a dalších karboxylových kyselin, v jejichž molekulách se nacházejí dvojné vazby mezi atomy uhlíku.*  
*Pevné, příp. mazlavé tuky jsou především estery kyseliny palmitové a stearové. Ve svých molekulách mají pouze jednoduché vazby mezi atomy uhlíku.*
- 9) Jakými výrobními procesy se z přírodních materiálů získávají tuky? Uveďte název daného procesu a k němu příklad konkrétního tuku.  
*Např.: lisováním – semena rostlin, rozdrčené plody, vyluhováním (extrakcí) – sójový olej, vytavováním – škvareň sádla.*
- 10) Co se děje při ztužování tuků? Vysvětlete, jak tento proces probíhá.  
*Z kapalných olejů se vyrábějí pevné tuky. Vodík reaguje s olejem za vyšší teploty, tlaku a přítomnosti katalyzátoru, díky čemuž zanikají dvojné vazby v uhlovodíkových zbytcích vázaných organických (karboxylových) kyselin.*



**Obrázek 14: Rozpouštění tuků před a po**  
Foto autorka

## Mikrovlnná syntéza rubínového prášku

### PRACOVNÍ NÁVOD

Zpracováno podle Leara (2013).



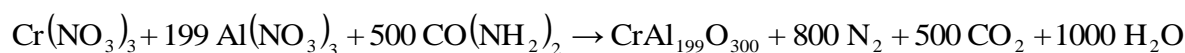
#### ÚKOL:

Pokuste se v mikrovlnné troubě syntetizovat rubínový prášek a pomocí UV lampy prozkoumejte jeho fluorescenci.



#### TEORIE:

Rubín je růžová až tmavě červená drahokamová odrůda minerálu korundu ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) s příměsí stopového množství chromu, který rubínu dodává výrazné červené zbarvení. Práškové korundy lze připravit smícháním různých poměrů dusičnanu hlinitého a dusičnanu chromitého s určitým množstvím močoviny a následnou spalovací reakcí v mikrovlnné troubě. Pro získání fluorescentního produktu lze postupovat podle následující rovnice:



#### CHEMIKÁLIE:

Nonahydrát dusičnanu hlinitého  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ , nonahydrát dusičnanu chromitého  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ , močovina  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , destilovaná voda, příp. ethanol.



#### POMŮCKY:

Mikrovlnná trouba, žáruvzdorná podložka do MT (např. keramická dlaždička  $15 \times 15 \text{ cm}$ ), laboratorní váha, 2 kádinky (100 ml), kádinka (250 ml), 3 plastové lžičky, nůž, skleněná tyčinka, hodinové sklo, UV lampa, ochranné brýle, ochranné teplovzdorné rukavice, ochranný plášť.



## POSTUP:

Do první malé kádinky (100 ml), kterou si nejprve zvážíte na laboratorní váze a jejíž hmotnost si poznamenate, navažte 3 g nonahydrátu dusičnanu hlinitého a rozpuštěte ho v minimálním množství destilované vody pomocí míchání skleněnou tyčinkou. Do druhé malé kádinky navažte 0,016 g nonahydrátu dusičnanu chromitého a zalijte roztokem z první kádinky. Míchejte do úplného rozpuštění obou dusičnanů. Dále navažte na hodinovém sklíčku 1,2 g močoviny, přidejte ji k roztoku dusičnanů a míchejte, dokud se močovina úplně nerozpustí. Pozor! Močovinu z bezpečnostních důvodů přidávejte až po úplném rozpuštění dusičnanů. Kádinku se všemi reaktanty zakryjte hodinovým sklem a obojí překryjte ochrannou větší obrácenou suchou kádinkou. Vložte do MT na žáruvzdornou podložku (lesklou stranou dolů). MT nastavte na plný výkon (800 W) na 3 minuty a troubu zapněte. Odpaření veškeré vody a spalovací reakce nastane asi po 60 s. Při reakci může dojít též k pravděpodobnému úniku oxidů dusíku, proto je třeba pracovat ve větrané místnosti. Nechte doběhnout čas a poté celou sestavu (včetně žáruvzdorné podložky) vyjměte pomocí ochranných teplovzdorných rukavic. Sejměte vnější ochrannou kádinku a hodinové sklo a malou kádinku s pevným produktem nechte vychladnout na pokojovou teplotu. Výsledný produkt prozkoumejte a charakterizujte z hlediska barvy a struktury. Následně vyzkoušejte v zatemněné místnosti fluorescenci „rubínového prášku“ pod UV lampou.

<b>Mikrovlnná syntéza rubínového prášku</b>			
<b>PRACOVNÍ LIST</b>			
<b>Jméno/jména:</b>		<b>Třída:</b>	
<b>Škola:</b>		<b>Datum:</b>	

### **Zapište výsledky pozorování a zhodnoťte provedení pokusu.**

- 1) Popište vzhled (barvu a strukturu) všech tří reaktantů před rozpuštěním v destilované vodě a výsledný vzhled a zápach reakční směsi po rozpuštění v destilované vodě.
- 2) Popište stručně průběh reakce v mikrovlnné troubě, tzn. co a v jakém čase se uskutečnilo, zda bylo cítit nějaký zápach, slyšet praskání atp.
- 3) Jaká je hmotnost výsledného produktu? Zvažte ho na laboratorní váze i s kádinkou, jejíž hmotnost (již zaznamenanou) odečtete od celkové hmotnosti.
- 4) Popište vzhled (barvu a strukturu) výsledného produktu (rubínového prášku).
- 5) Napište výsledek pozorování produktu (rubínového prášku) pod UV lampou. Jedná se o fluorescenci? Pokud ano, jakou barvu světla produkt vyzařuje?

- 6) Shledáváte tento pokus od přípravy až po vlastní provedení obtížným? Kde jste při jeho realizaci zaznamenali největší problémy? Co vás na něm nejméně a nejvíce bavilo?

**Na základě dosavadních znalostí, případně s pomocí školních učebnic, tabulek nebo internetu zodpovězte následující otázky.**

- 7) Jaký minerál je základem rubínu? Napište též jeho chemický název a chemický vzorec. Dále napište soustavu, ve které tento minerál krystaluje a jaké dosahuje tvrdosti na Mohsově stupnici tvrdosti.
- 8) Vysvětlete, co je to fluorescence, jak vzniká a jak se liší od fosforescence.
- 9) Jakým činidlem jsou oba dusičnany z výchozí reakce – oxidačním nebo redukčním? Dokažte na základě změny oxidačního čísla dusíku v reagujících dusičnanech na produkt  $N_2$ .
- 10) Napište chemický vzorec močoviny a alespoň dva její další názvy. Jakým činidlem je ve výchozí reakci? Jaká je její spojitost s lidským organismem?

## Mikrovlnná syntéza rubínového prášku

### METODICKÝ LIST



#### TYP POKUSU:

Žákovský skupinový s dílčím rozdělením úkolů ve skupině, badatelský, zjišťující.



#### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI POKUSU:

Skupinová a kooperativní výuka, laboratorní cvičení v chemické laboratoři.



#### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI ZPRACOVÁNÍ PRAC. LISTŮ:

Skupinová a kooperativní výuka.



#### DIDAKTICKÁ METODA:

V experimentální části: aktivizující heuristická metoda – žáci ve tříčlenných skupinkách řeší problém zadaný úkolem v pracovním návodu, zároveň metoda dovednostně-praktická – vyřešení problému závisí na laborování a experimentování žáků, dále aktivizující metoda diskuzní – diskuze v malých pracovních skupinách.

V následné části: metoda slovní – metoda písemných prací žáků, tj. vyplňování pracovních listů, kombinovaná s metodou práce s učebnicí, tabulkami a textem (využití internetu na mobilním telefonu), též aktivizující metoda diskuzní – diskuze v malých pracovních skupinách.

Z pozice učitele: metoda slovní – vysvětlování (rady, pomoc), metoda názorně-demonstrační – předvádění, instruktáž.



## ZAŘAZENÍ DO RVP ZV:

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
Chemie	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Žák určí společné a rozdílné vlastnosti látek.
		Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovitost.
	Směsi – stejnorodé směsi	Žák rozlišuje směsi a chemické látky.
		Žák vypočítá složení roztoků, připraví prakticky roztok daného složení. Vysvětlí základní faktory ovlivňující rozpouštění pevných látek.
Chemické reakce	Žák rozliší výchozí látky a produkty chemických reakcí.	
Fyzika	Látky a tělesa	Žák změří vhodně zvolenými měřidly některé důležité fyzikální veličiny charakterizující látky a tělesa.
	Energie	Žák využívá poznatky o přeměnách různých forem energie a jejich přenosu při řešení konkrétních problémů a úloh.
	Elektromagnetické a světelné děje	Žák objasní vlastnosti světla, zdroje světla.
Přírodopis	Neživá příroda – nerosty a horniny	Žák rozpozná podle charakteristických vlastností vybrané nerosty a horniny s použitím určovacích pomůcek.



## NEBEZPEČNOST POKUSU:

Nízká při dodržování bezpečnostních pravidel a postupu. Zejména nutno dbát na přidávání močoviny do reakční směsi až po úplném rozpuštění obou pevných dusičnanů v destilované vodě. Dusičnanové sloučeniny jsou silnými oxidačními činidly, proto by neměly být nikdy smíchány v pevném stavu s redukčním činidlem, jako je např. močovina, z důvodu nebezpečí požáru nebo výbuchu.

Identifikace nebezpečnosti	
Chemikálie	H-věty
Močovina	Látka není klasifikována jako nebezpečná podle nařízení (ES) č. 1272/2008.
Dusičnan hlinitý nonahydrát	H272 Může zesílit požár; oxidant.
	H315 Dráždí kůži.
	H319 Způsobuje vážné podráždění očí.
Dusičnan chromitý nonahydrát	H272 Může zesílit požár; oxidant.
	H315 Dráždí kůži.
	H317 Může vyvolat alergickou kožní reakci.

Identifikace nebezpečnosti	
Chemikálie	H-věty
	H319 Způsobuje vážné podráždění očí.
	H411 Toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.

### ⌚ ČASOVÁ DOTACE:

Asi 20 minut příprava reakční směsi a její spalování v MT, 10 minut zkoumání fluorescence a 30 minut vypracování pracovního listu.

### 👁 POZOROVÁNÍ A VÝSLEDKY:

Po vložení roztoku dusičnanů a močoviny do mikrovlnné trouby a jejím zapnutí na plný výkon došlo po úplném vypaření veškeré vody ke spalovací reakci, která nastala asi po 60 s. Z mikrovlnné trouby se po jejím otevření linul kouř, který byl důkazem vzniku reakčních plynů. Po opatrném vyjmutí sestavy z MT a jejím vychladnutí bylo možno v kádince pozorovat, že z původního roztoku vznikla růžová krystalická látka s nepatrným nádechem do světle zelena, jejíž zabarvení nasvědčuje určitému poměru oxidu hlinitého a malého množství chromu, což odpovídá vzniklému produktu – „rubínovému prášku“.

## VZOROVÝ PRACOVNÍ LIST

- 1) Popište vzhled (barvu a strukturu) všech tří reaktantů před rozpuštěním v destilované vodě a výsledný vzhled a zápach reakční směsi po rozpuštění v destilované vodě.

Před rozpuštěním:

*nonahydrát dusičnanu hlinitého  $Al(NO_3)_3 \cdot 9 H_2O$  = bílá krystalická látka*

*nonahydrát dusičnanu chromitého  $Cr(NO_3)_3 \cdot 9 H_2O$  = tmavě modrá krystalická látka*

*močovina  $CO(NH_2)_2$  = bílá krystalická látka*

*Po rozpuštění: tyrkysově zelený roztok, bez zápachu.*

- 2) Popište stručně průběh reakce v mikrovlnné troubě, tzn. co a v jakém čase se uskutečnilo, zda bylo cítit nějaký zápach, slyšet praskání atp.

*Asi po 60 sekundách proběhla spalovací reakce, což se projevilo světelnou září, jasně viditelnou přes dvířka MT. Při spalování bylo slyšet slabé praskání. Při reakci za zavřenými dvířky MT byl cítit slabý zápach, ale po jejím skončení a otevření dvířek se z MT trochu linul zápach po oxidech dusíku a byl pozorovatelný světlý kouř.*

- 3) Jaká je hmotnost výsledného produktu? Zvažte ho na laboratorní váze i s kádinkou, jejíž hmotnost (již zaznamenanou) odečtete od celkové hmotnosti.

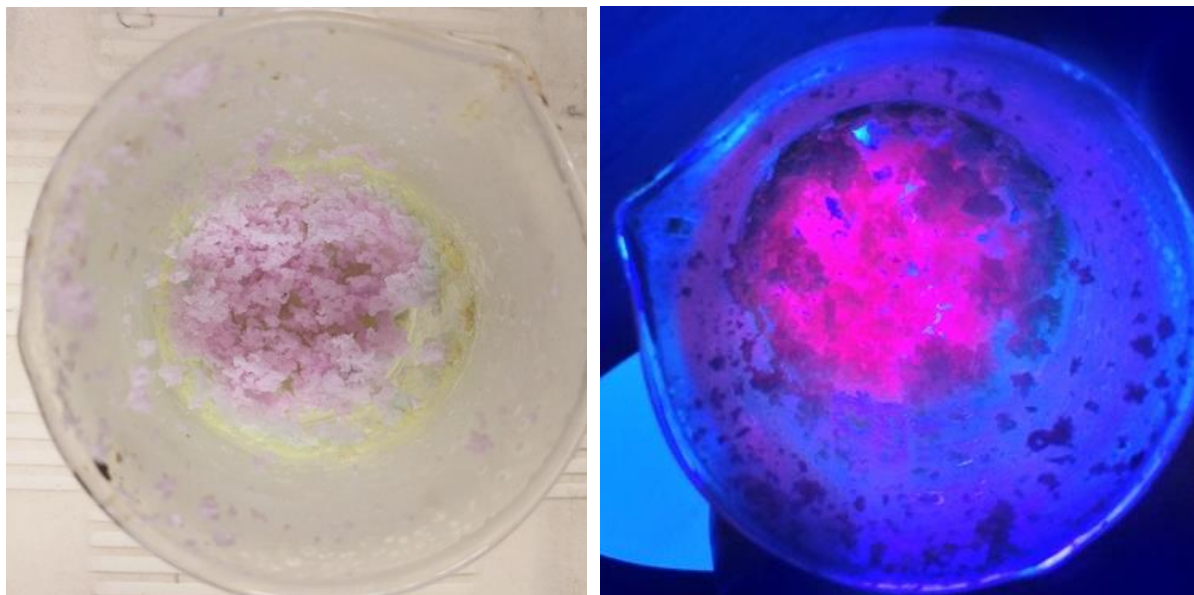
???

- 4) Popište vzhled (barvu a strukturu) výsledného produktu (rubínového prášku).

*Bílo růžový jemný prášek s nepatrně světlezeleným nádechem.*

- 5) Napište výsledek pozorování produktu (rubínového prášku) pod UV lampou. Jedná se o fluorescenci? Pokud ano, jakou barvu světla produkt vyzařuje?  
*Pod UV lampou produkt fluoreskuje sytě růžovou barvou.*
- 6) Shledáváte tento pokus od přípravy až po vlastní provedení obtížným? Kde jste při jeho realizaci zaznamenali největší problémy? Co vás na něm nejméně a nejvíce bavilo?  
*Různé názory, myšlenky, postoje a hodnotící soudy žáků.*
- 7) Jaký minerál je základem rubínu? Napište též jeho chemický název a chemický vzorec. Dále napište soustavu, ve které tento minerál krystaluje a jaké dosahuje tvrdosti na Mohsově stupnici tvrdosti.  
*Minerál korund s příměsí chromu, chemickým názvem oxid hlinitý  $Al_2O_3$ , krystaluje v šesterečné soustavě, tvrdost 9.*
- 8) Vysvětlete, co je to fluorescence, jak vzniká a jak se liší od fosforescence.  
*Fluorescence i fosforescence patří do stejné kategorie, a to luminiscence, což je tzv „studené světlo“. Fluorescence je fyzikální jev, kdy dochází k vyzařování světla látkou, která předtím pohltila elektromagnetické záření a k dohasnutí záření dojde ihned po odstranění zdroje záření (během pár nanosekund) × u fosforescence záření přetrvává i po dobu několika minut.*
- 9) Jakým činidlem jsou oba dusičnany z výchozí reakce – oxidačním nebo redukčním? Dokažte na základě změny oxidačního čísla dusíku v reagujících dusičnanech na produkt  $N_2$ .  
 $N^V \rightarrow N^0 \Rightarrow$  probíhá redukce (oxidační číslo se snižuje), tzn. dusičnany jsou oxidačními činidly.
- 10) Napište chemický vzorec močoviny a alespoň dva její další názvy. Jakým činidlem je ve výchozí reakci? Jaká je její spojitost s lidským organismem?  
 *$CO(NH_2)_2$  – močovina neboli urea = karbonyldiamid, diamid kyseliny uhličitě, karbamid, diaminomethanal. Ve výchozí reakci je redukčním činidlem. Močovina je pro lidský organismus odpadním produktem, díky němuž zbavuje tělo nadbytečného dusíku. Je jedním z konečných produktů odbourávání bílkovin. Odstraňována je ledvinami do vylučované moči, v malém množství se vylučuje i potem. V nefronech (základních stavebních a funkčních jednotkách ledvin) napomáhá zpětnému vstřebávání vody a některých iontů do krevního oběhu.*





**Obrázek 15: Rubínový prášek a jeho fluorescence**  
Foto autorka

## Ohřívání dvoufázového systému

### PRACOVNÍ NÁVOD

Zpracováno podle Šulcové a Böhmové (2007, s. 73–74).



#### ÚKOL:

Porovnejte princip ohřívání dvoufázového systému v mikrovlnné troubě a na elektrickém vaříči.



#### TEORIE:

Při klasickém ohřevu kapalin na plotýnce elektrického vaříče a při mikrovlnném ohřevu dochází k rozdílnému způsobu konvekce (proudění) tepla. Zahříváním se kapalina rozpíná a její hustota se zmenšuje. Studenější kapalina s větší hustotou klesá dolů, čímž vytlačuje teplejší vrstvy kapaliny vzhůru. Prouděním se tak přenáší energie z teplejších míst do míst studenějších, vznikají tzv. konvekční proudy. Při ohřevu klasickým způsobem se od zdroje tepla nejdříve ohřeje dno nádoby a od něho se důsledkem rozdílných teplot přenáší tepelná energie do dalšího obsahu nádoby. Kapalina se proto ohřívá postupně, a tudíž i k varu dochází postupně ode dna nádoby. Ohřev není rovnoměrný. Na rozdíl od toho v mikrovlnné troubě se kapalina působením elektromagnetických vln mikrovlnného záření v celém svém objemu zahřívá rovnoměrně a má tudíž všude stejnou teplotu. Nedochozí ke vzniku konvekčních proudů, ale nastává přímý ohřev kapaliny. Proto také k varu dochází najednou v celém objemu nádoby.

V obou případech rovněž probíhá difúze barviva z jedné fáze (nasyčeného roztoku) do druhé (destilované vody), která je urychlována zahříváním. Difúze je samovolné pronikání částic jedné látky mezi částice druhé látky v kapalinách nebo plynech, vysvětlované Brownovým pohybem. Při něm se molekuly vlivem tepelného pohybu neustále nahodile srážejí a ve výsledku putují z prostoru s vyšší koncentrací do prostoru s nižší koncentrací, až se rozptýlí do prostředí. Při vyšší teplotě se částice pohybují rychleji.



## CHEMIKÁLIE:

Destilovaná voda, chlorid sodný NaCl, potravinářské barvivo.



## POMŮCKY:

Mikrovlnná trouba, elektrický plotýnkový vařič, laboratorní váha, odměrný válec (100 ml), 3 kádinky (150 ml), pipeta (20 ml), 2 skleněné tyčinky nebo varné kamínky, plastová lžička, ochranné brýle, ochranný plášť.



## POSTUP:

Na laboratorní váze v malé kádince odvažte 14,4 g NaCl, doplňte 40 ml destilované vody a za stálého míchání skleněnou tyčinkou vytvořte nasycený roztok chloridu sodného. Do roztoku přisypte malé množství potravinářského barviva (na špičku lžičky) a dalším mícháním získáte výrazně obarvený roztok. Do dalších dvou malých kádinek nalijte po 80 ml destilované vody a pomocí pipety podvrstvěte roztokem nasyceného chloridu sodného, do každé kádinky po 20 ml. Poté do obou kádinek vložte skleněnou tyčinku nebo varný kamínek. Obsah jedné kádinky přiveďte k varu na plotýnce elektrického vařiče a obsah druhé kádinky v MT. Měřte čas potřebný k dosažení varu a pozorujte průběh mísení obou fází a zároveň pronikání barviva napříč fázemi (difúzi). Kvůli ztíženému pozorování směsi v MT je třeba v průběhu zahřívání směsi MT vypínat asi v 10sekundových intervalech.

## Ohřívání dvoufázového systému

### PRACOVNÍ LIST

<b>Jméno/jména:</b>		<b>Třída:</b>	
<b>Škola:</b>		<b>Datum:</b>	

### Zapište výsledky pozorování a zhodnot'te provedení pokusu.

- 1) Proč se při podvrstvení destilované vody nasyceným roztokem soli obě vrstvy ihned nesmíchají? Co by se pravděpodobně stalo s výslednou směsí, kdyby se nasycený roztok do destilované vody nalil shora, tzn. bez podvrstvení?
- 2) Popište stručně průběh pokusu na plotýnce elektrického vařiče, tzn. jakým způsobem a v jakém okamžiku probíhá mísení fází a difúze barviva. Jaká celková doba uplyne od začátku zahřívání dvoufázového systému do varu v celém objemu?
- 3) Popište stručně průběh pokusu v mikrovlnné troubě, tzn. jakým způsobem a v jakém okamžiku probíhá mísení fází a difúze barviva. Jaká celková doba uplyne od začátku zahřívání dvoufázového systému do varu v celém objemu?

- 4) Porovnejte oba způsoby zahřívání a vysvětlete, v čem se zásadně liší a proč.
- 5) Jmenujte výhody a nevýhody provádění tohoto pokusu v mikrovlnné troubě oproti jeho realizaci na plotýnce elektrického vařiče.
- 6) Shledáváte tento pokus od přípravy až po vlastní provedení obtížným? Kde jste při jeho realizaci zaznamenali největší problémy? Co vás na něm nejméně a nejvíce bavilo?

**Na základě dosavadních znalostí, případně s pomocí školních učebnic, tabulek nebo internetu zodpovězte následující otázky.**

- 7) Vysvětlete pojem rozpustnost. Na jakých fyzikálních veličinách je závislá? Uveďte příklad, jakým způsobem ji můžeme vyjádřit?
- 8) Vysvětlete pojem rozpouštění. Jakými činiteli lze ovlivnit rychlost rozpouštění pevných látek v kapalině?
- 9) Jaký je rozdíl mezi nasyceným a nenasyceným roztokem? Vypočítejte hmotnostní zlomek chloridu sodného v jeho nasyceném roztoku podle zadaných údajů v pracovním návodu.
- 10) Objasněte pojem difúze. Z jakého důvodu k ní dochází? Na jakých fyzikálních veličinách závisí?

## Ohřívání dvoufázového systému

### METODICKÝ LIST



#### TYP POKUSU:

Žákovský skupinový s dílčím rozdělením úkolů ve skupině, ověřující – potvrzující, zároveň zjišťující.



#### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI POKUSU:

Skupinová a kooperativní výuka, laboratorní cvičení v chemické laboratoři.



## ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI ZPRACOVÁNÍ PRAC. LISTŮ:

Skupinová a kooperativní výuka.



## DIDAKTICKÁ METODA:

V experimentální části: aktivizující heuristická metoda – žáci ve tříčlenných skupinkách zkoumají chování dvojfázového systému podle úkolu zadaného v pracovním návodu, zároveň metoda dovednostně-praktická – poznání a objevování závisí na laborování a experimentování žáků, dále aktivizující metoda diskuzní – diskuze v malých pracovních skupinách.

V následné části: metoda slovní – metoda písemných prací žáků, tj. vyplňování pracovních listů, kombinovaná s metodou práce s učebnicí, tabulkami a textem (využití internetu na mobilním telefonu), též aktivizující metoda diskuzní – diskuze v malých pracovních skupinách.

Z pozice učitele: metoda slovní – vysvětlování (rady, pomoc), metoda názorně-demonstrační – předvádění, instruktáž.



## ZAŘAZENÍ DO RVP ZV:

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
Chemie	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovost.
	Směsi	Žák rozlišuje směsi a chemické látky. Žák připraví prakticky roztok daného složení.
	Chemie a společnost	Žák se orientuje v přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka.
Fyzika	Látky a tělesa	Žák uvede konkrétní příklady jevů dokazujících, že se částice látek neustále pohybují a vzájemně na sebe působí.
		Žák předpoví, jak se změní délka či objem tělesa při dané změně jeho teploty.
	Mechanické vlastnosti tekutin	Žák předpoví z analýzy sil působících na těleso v klidné tekutině chování tělesa v ní.



## NEBEZPEČNOST POKUSU:

Jedná se o zcela bezpečný pokus.

Identifikace nebezpečnosti	
Chemikálie	H-věty
Chlorid sodný	Nejedná se o nebezpečnou látku.
Potravinářské barvivo	Nejedná se o nebezpečnou látku.



## ČASOVÁ DOTACE:

Asi 30 minut příprava a provedení pokusu a 30 minut vyplňování pracovních listů.



## POZOROVÁNÍ A VÝSLEDKY:

V obou případech po podvrstvení destilované vody nasyceným obarveným roztokem kuchyňské soli zůstávají obě fáze oddělené a začíná probíhat velmi pozvolná difúze barviva ze spodní vrstvy do vrchní. Při zahřívání systému na plotýnce je možné pozorovat, jak první bublinky, potažmo var, začíná u dna nádoby a šíří se směrem vzhůru. Obě vrstvy zůstávají dlouho oddělené, ale s přibývajícimi a stoupajícimi bublinkami dochází ke stále výraznějšímu obarvování horní vrstvy, tj. destilované vody, a k viditelnému posouvání barevného roztoku směrem nahoru. Po dosažení teploty varu v celém objemu, tj. asi po 6 či více minutách, se obě vrstvy promíchají a barva výsledného roztoku je jednolitá, ale působí matným dojmem. Ohřívání dvoufázového systému v MT probíhá mnohem rychleji, tj. asi 90 s, vrstvy se rozhoupávají, ale zůstávají neoddělené prakticky až do dosažení bodu varu, který přichází najednou v celém objemu systému a je bouřlivý. V průběhu přímého ohřevu ovšem dochází k mnohem výraznější difúzi barviva napříč fázemi, která zhoršuje rozeznatelnost fází. Po uklidnění varu si lze povšimnout daleko průzračnější barvy výsledné směsi než v prvním případě.

## VZOROVÝ PRACOVNÍ LIST

- 1) Proč se při podvrstvení destilované vody nasyceným roztokem soli obě vrstvy ihned nemiesají? Co by se pravděpodobně stalo s výslednou směsí, kdyby se nasycený roztok do destilované vody nalil shora, tzn. bez podvrstvení?

*Obarvený nasycený roztok soli má větší hustotu než voda, ale přesto by se v destilované vodě dále rozpouštěl. Kdybychom ho nalili do vody shora, rozpouštění by se urychlilo, a tím pádem by začalo docházet k okamžitému promíchávání fází.*

- 2) Popište stručně průběh pokusu na plotýnce elektrického vařiče, tzn. jakým způsobem a v jakém okamžiku probíhá mísení fází a difúze barviva. Jaká celková doba uplyne od začátku zahřívání dvoufázového systému do varu v celém objemu?

*Pomalá difúze barviva nastává ihned po podvrstvení vody nasyceným obarveným roztokem, stoupající barevné řetízky lze pozorovat ještě před postavením kádinky na plotýnku. Vrstvy zůstávají delší dobu oddělené, v průběhu varu dochází k postupnému zvedání nasyceného roztoku a zároveň ubývání a výraznějšímu probarvování vrchní vrstvy vzlínajícími proudy barevného roztoku a bublinkami. Sloupec horní vrstvy je stále nižší a jeho barva čím dál více tmavší, až těsně před varem obě vrstvy splynou. Po dosažení teploty varu v celém objemu se obě vrstvy dokonale promíchají bublinami páry. Od momentu přípravy do doby dosažení varu uplyne asi 6 minut. Záleží ovšem na rychlosti ohřevu plotýnky, tzn. doba se může i prodloužit.*

- 3) Popište stručně průběh pokusu v mikrovlnné troubě, tzn. jakým způsobem a v jakém okamžiku probíhá mísení fází a difúze barviva. Jaká celková doba uplyne od začátku zahřívání dvoufázového systému do varu v celém objemu?

*Před zahájením ohřevu v MT je situace obdobná jako v předchozím případě, barvivo ze spodní vrstvy pozvolně difunduje do vrchní. Po vložení do MT a v průběhu ohřívání jsou vrstvy stále oddělené, ale dochází k viditelnému tmavnutí horní vrstvy. Difúze barviva je podstatně rychlejší než promíchávání vrstev. Fáze nasyceného roztoku ale nestoupá vzhůru, rozhraní mezi fázemi se trochu rozhoupe, ale vrstvy zůstávají oddělené téměř do okamžiku varu. Bublinek během ohřívání vzniká jen velmi málo, až najednou dojde k bouřlivému varu. Od doby spuštění MT do momentu varu v celém objemu úplnou asi necelé 2 minuty.*

- 4) Porovnejte oba způsoby zahřívání a vysvětlete, v čem se zásadně liší a proč.

*Při ohřevu klasickým způsobem se od zdroje tepla nejdříve ohřeje dno nádoby a od něho se důsledkem rozdílných teplot přenáší tepelná energie do dalšího obsahu nádoby. Kapalina se proto ohřívá postupně, a tudíž i k varu dochází postupně ode dna nádoby. Ohřev není rovnoměrný. Na rozdíl od toho v mikrovlnné troubě se kapalina působením elektromagnetických vln mikrovlnného záření v celém svém objemu zahřívá rovnoměrně a má tudíž všude stejnou teplotu. Nastává přímý ohřev kapaliny a k varu dochází najednou v celém objemu nádoby.*

- 5) Jmenujte výhody a nevýhody provádění tohoto pokusu v mikrovlnné troubě oproti jeho realizaci na plotýnce elektrického vařiče.

*Výhoda: např. rychlost realizace × nevýhoda: např. špatná pozorovatelnost => přerušování ohřevu, nemožnost měřitelnosti teploty za běžných podmínek.*

- 6) Shledáváte tento pokus od přípravy až po vlastní provedení obtížným? Kde jste při jeho realizaci zaznamenali největší problémy? Co vás na něm nejméně a nejvíce bavilo?

*Různé názory, myšlenky, postoje a hodnotící soudy žáků.*

- 7) Vysvětlete pojem rozpustnost. Na jakých faktorech je závislá? Uveďte příklad, jakým způsobem ji můžeme vyjádřit?

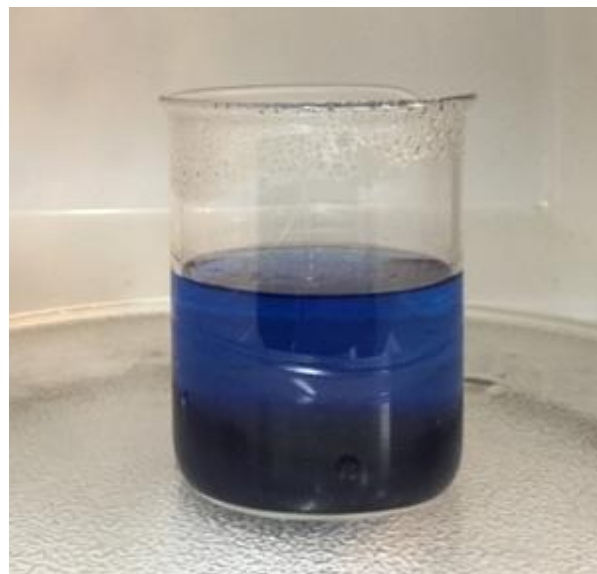
*Rozpustnost je vlastnost pevných, kapalných a plynných látek vytvářet s rozpouštědlem stejnorodou (homogenní) směs. Je závislá na teplotě a tlaku, proto se tyto fyzikální veličiny u hodnot rozpustnosti dané látky udávají. U většiny pevných látek se s rostoucí teplotou rozpouštědla rozpustnost zvětšuje, ale rozpustnost plynů v kapalině se zvyšující teplotou klesá. Nejčastěji se udává jako hmotnost látky rozpuštěné ve 100 g rozpouštědla při vzniku nasyceného roztoku [g/100 g roztoku] nebo jako látkové množství látky na 1 l roztoku [mol/l] (tzv. molarita) aj.*

- 8) Vysvětlete pojem rozpouštění. Jakými činiteli lze ovlivnit rychlost rozpouštění pevných látek v kapalině?

*Rozpouštění je proces vzniku stejnorodých (homogenních) směsí, nejčastěji kapalných roztoků, v nichž je kapalina tzv. rozpouštědlem. Rozpouštění pevných látek v kapalině urychluje zahřívání, míchání, a rozetření pevné látky (na jemný prášek).*

- 9) Jaký je rozdíl mezi nasyceným a nenasyceným roztokem? Vypočítejte hmotnostní zlomek chloridu sodného v jeho nasyceném roztoku podle zadaných údajů v pracovním návodu. *Nasycený roztok je takový roztok, ve kterém se při určité teplotě již více látky nerozpustí. Nenasycený obsahuje méně rozpuštěné látky než roztok nasycený, tzn. při určité teplotě se v něm další látka ještě rozpouští, až do dosažení nasyceného roztoku.*
- Hmotnostní zlomek se rovná podílu hmotnosti rozpuštěné látky a hmotnosti celého roztoku  $\Rightarrow w = m(\text{NaCl})/m \Rightarrow w = 14,4 \text{ g}/(14,4 \text{ g} + 40 \text{ g}) = 14,4 \text{ g}/54,4 \text{ g} = 0,265 \Rightarrow 26,5 \%$  NaCl v nasyceném roztoku.*
- 10) Objasněte pojem difúze. Z jakého důvodu k ní dochází? Na jakých fyzikálních veličinách závisí?

*Difúze je samovolné pronikání částic jedné látky mezi částice druhé látky v kapalinách nebo plynech, vysvětlované Brownovým pohybem. Při něm se molekuly vlivem tepelného pohybu neustále nahodile srážejí a ve výsledku putují z prostoru s vyšší koncentrací do prostoru s nižší koncentrací, až se rozptýlí do prostředí. Při vyšší teplotě se částice pohybují rychleji.*



**Obrázek 16:** *Ohřívání dvoufázového systému na plotýnce vařiče a v mikrovlnné troubě*  
Foto autorka

# Důkaz redukujících sacharidů

## PRACOVNÍ NÁVOD

Zpracováno podle Šulcové a Böhmové (2007, s. 90–92)



### ÚKOL:

Pomocí mikrovlnné trouby dokažte orientačně přítomnost redukujících sacharidů.



### TEORIE:

Redukující sacharidy jsou sacharidy, které se mohou chovat jako redukční činidla, protože mají volnou aldehydovou nebo ketonovou funkční skupinu. Samy se tedy zároveň oxidují za vzniku karboxylové skupiny. Redukční vlastnosti spočívají ve schopnosti redukovat měď z oxidačního čísla II (v síranu měďnatém  $\text{Cu}^{2+}$ ) na oxidační číslo I (v oxidu měďném  $\text{Cu}^+$ , který je červený). Důkaz redukujících sacharidů se provádí reakcí roztoků sacharidů např. s Benedictovým činidlem ( $\text{Cu}^{2+}$  ionty ve vodném roztoku citronanu sodného, jenž zabraňuje po smíchání s bezvodou sodou vzniku sraženiny uhličitanu měďnatého, takto vzniká citronan měďnatý). K redukujícím patří všechny monosacharidy (např. glukóza, fruktóza) či některé disacharidy (např. laktóza, maltóza). Z polysacharidů např. škrob podléhá po zahřátí částečné hydrolyze na kratší řetězce glukózových jednotek (tzv. dextriny), případně až na monomery, proto důkaz bude pouze částečný, projevující se zeleným zbarvením roztoku škrobu s Benedictovým činidlem. Při pozitivní reakci dojde v roztocích sacharidů ke změně původně modré barvy Benedictova činidla na oranžovou či červenou barvu, příp. až hnědočervenou barvu. Výraznější barevná změna směrem k červené signalizuje též větší množství redukujícího sacharidu.



### CHEMIKÁLIE:

*Benediktovo činidlo* (citronan sodný  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7$ , uhličitan sodný  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , destilovaná voda), síran měďnatý pentahydrát  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , fruktóza (hroznový cukr), med, javorový sirup, sacharóza (řepný cukr), škrob (bramborový), laktóza (mléčný cukr).



### POMŮCKY:

Mikrovlnná trouba, elektrický plotýnkový vařič, laboratorní váha, 6 kádinek (100 ml), 1 kádinka (150 ml), 1 kádinka (50 ml), odměrný válec (25 ml), pipeta, skleněné tyčinky, plastové lžičky, ochranné brýle.



### POSTUP:

Nejdříve si připravte Benediktovo činidlo. Do největší kádinky odměřte 70 ml destilované vody a v ní při mírném zahřívání rozpouštějte 17,3 g citronanu sodného a 10 g uhličitanu sodného (bezvodé sody), které navážíte na laboratorní váze v nejmenší kádince. Po rozpuštění látek přilijte za stálého míchání skleněnou tyčinkou roztok 1,7 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  v 10 ml destilované vody, připravený opět v malé kádince. Objem výsledného roztoku nakonec doplňte na 100 ml. Činidlo je stálé. Následně v 6 kádinkách rozpustěte asi po 1 g jednotlivých vzorků sacharidů ve 25 ml vody. Ke každému vzorku pak přidejte 1 ml Benedictova činidla a zahřívejte v MT při maximální výkonu (800 W) asi 30–60 s.



<b>Důkaz redukujících sacharidů</b>			
<b>PRACOVNÍ LIST</b>			
<b>Jméno/jména:</b>		<b>Třída:</b>	
<b>Škola:</b>		<b>Datum:</b>	

**Zapište výsledky pozorování a zhodnoťte provedení pokusu.**

- 1) Na základě důkazových reakcí redukujících sacharidů vyplňte následující tabulku. Znaménkem plus označte pozitivní reakci (změnu zbarvení), znaménkem minus negativní reakci (bez barevné změny).

fruktóza	med	březový cukr	javorový sirup	sacharóza	škrob

- 2) Jakou barevnou změnu lze pozorovat při pozitivní reakci s Benedictovým činidlem? Jak se nazývá produkt, způsobující výslednou změnu zbarvení? Napiš také jeho vzorec.
- 3) Kterým sacharidům se říká redukující?
- 4) Jaké vzorky sacharidů jsou na základě zkoušky pomocí Benedictova činidla redukující a jaké neredukující?  
*Redukující:*  
*Neredukující:*
- 5) Napiš, jaké jsou hlavní cukerné složky daných látek:  
*Med:*  
*Březový cukr:*  
*Javorový sirup:*
- 6) Shledáváte tento pokus od přípravy až po vlastní provedení obtížným? Kde jste při jeho realizaci zaznamenali největší problémy? Co vás na něm nejméně a nejvíce bavilo?

**Na základě dosavadních znalostí, případně s pomocí školních učebnic, tabulek nebo internetu zodpovězte následující otázky.**

- 7) Co jsou to redoxní neboli oxidačně-redukční reakce? Jaký je rozdíl mezi oxidací a redukcí?
- 8) Jaký je rozdíl mezi oxidačním a redukčním činidlem?
- 9) Jaký je rozdíl mezi pojmy sacharidy a cukry? Jaké znáte hlavní skupiny sacharidů podle složitosti molekul?
- 10) Doplňte v tabulce chybějící údaje:  
(Do sloupce „název sacharidu“ doplňte názvy tří chybějících sacharidů charakterizovaných jejich výskytem a ve sloupci „skupina sacharidů“ doplňte: monosacharid, disacharid či polysacharid)

Název sacharidu	Skupina sacharidů	Výskyt
Fruktóza		
		stavební látka tvořící stěny rostlinných buněk
Laktóza		
		produkt fotosyntézy
Škrob		
		cukrová řepa, cukrová třtina
Maltóza		

## Důkaz redukujících sacharidů

### METODICKÝ LIST



#### TYP POKUSU:

Žákovský skupinový s dílčím rozdělením úkolů ve skupině, zjišťující a zároveň dokládající.



#### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI POKUSU:

Skupinová a kooperativní výuka, laboratorní cvičení v chemické laboratoři.



#### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI ZPRACOVÁNÍ PRAC. LISTŮ:

Skupinová a kooperativní výuka.



## DIDAKTICKÁ METODA:

V experimentální části: aktivizující heuristická metoda – žáci ve tříčlenných skupinkách hledají odpověď na úkol zadaný v pracovním návodu, zároveň metoda dovednostně-praktická – vyřešení úkolu závisí na laborování a experimentování žáků, dále aktivizující metoda diskuzní – diskuze v malých pracovních skupinách.

V následné části: metoda slovní – metoda písemných prací žáků, tj. vyplňování pracovních listů, kombinovaná s metodou práce s učebnicí, tabulkami a textem (využití internetu na mobilním telefonu), též aktivizující metoda diskuzní – diskuze v malých pracovních skupinách.

Z pozice učitele: metoda slovní – vysvětlování (rady, pomoc), usměrňování, metoda názorně-demonstrační – předvádění, instruktáž.



## ZAŘAZENÍ DO RVP ZV:

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
Chemie	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovost.
	Směsi	Žák rozlišuje směsi a chemické látky. Žák připraví prakticky roztok daného složení.
	Chemické reakce	Žák rozliší výchozí látky a produkty chemických reakcí, provede jejich klasifikaci a zhodnotí jejich využívání.
	Organické sloučeniny	Žák rozliší vybrané deriváty uhlovodíků včetně přírodních látek, uvede jejich zdroje, vlastnosti a použití.



## NEBEZPEČNOST POKUSU:

Nízká při dodržování bezpečnostních pravidel a postupu. Žáci základní školy mohou pracovat se všemi potřebnými chemikáliemi.

Identifikace nebezpečnosti	
Chemikálie	H-věty
Citronan sodný dihydrát	Nejedná se o nebezpečnou látku.
Síran měďnatý pentahydrát	H302 Zdraví škodlivý při požití.
	H315 Dráždí kůži.
	H318 Způsobuje vážné poškození očí.
Uhličitan sodný	H410 Vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhod. účinky.
	H319 Způsobuje vážné podráždění očí.



## ČASOVÁ DOTACE:

Asi 30 minut příprava a provedení pokusu a 30 minut vyplňování pracovních listů.



## POZOROVÁNÍ A VÝSLEDKY:

*Důkaz redukujících sacharidů:*

fruktóza	med	březový cukr	javorový sirup	sacharóza	Škrob
+	+	+	-	-	- +

Med je včelí produkt, který obsahuje zejména fruktózu a glukózu, v menším množství i další cukry, např. maltózu či sacharózu.

Javorový sirup je přírodní sladidlo nejčastěji získávané z mízy javoru cukrového, jehož hlavní cukerný podíl tvoří sacharóza. V menších množstvích obsahuje i fruktózu, příp. v pozdní sklizni glukózu.

Březový cukr neboli xylitol je také přírodní sladidlo, vyráběné např. ze skandinávské břízy nebo bukového dřeva, ale nachází se i v mnoha druzích ovoce (švestky, maliny, jahody, ...) i zeleniny. Nejvýznamnějšími cukernými složkami jsou fruktóza a glukóza, v malém množství se vyskytuje sacharóza a stopové množství galaktózy.

Sacharóza je disacharid, který je tvořen glukózou a fruktózou, spojené glykosidickou vazbou. Do ní jsou zapojené aldehydicke skupiny, jež by se jinak mohly redukovat. Sacharóza je proto neredukující cukr, s Benedictovým činidlem nereaguje a zbarvení roztoku zůstalo modré.

Škrob je polysacharid, který po zahřátí podléhá částečné hydrolyze na kratší řetězce glukózových jednotek (tzv. dextriny), případně až na monomery, proto důkaz bude pouze částečný, projevující se zeleným zbarvením roztoku škrobu s Benedictovým činidlem.

## VZOROVÝ PRACOVNÍ LIST

1)

fruktóza	med	březový cukr	javorový sirup	sacharóza	škrob
+	+	+	-	-	- +

2) Jakou barevnou změnu lze pozorovat při pozitivní reakci s Benedictovým činidlem? Jak se nazývá produkt, způsobující výslednou změnu zbarvení? Napiš také jeho vzorec.

*Barevná změna z modré na oranžovou až červenou, příp. až na hnědočervenou. Barevnou změnu způsobuje oxid měďný =  $Cu_2O$ .*

3) Kterým sacharidům se říká redukující?

*Redukující sacharidy jsou takové, které se chovají jako redukční činidla, protože mají volnou aldehydovou nebo ketonovou funkční skupinu. Samy se tedy zároveň oxidují za vzniku karboxylové skupiny.*

4) Jaké vzorky sacharidů jsou na základě zkoušky pomocí Benedictova činidla redukující a jaké neredukující?

*Redukující: **fruktóza, med, březový cukr** × neredukující: **javorový sirup, sacharóza**.*

5) Napiš, jaké jsou hlavní cukerné složky daných látek:

*Med: **fruktóza, glukóza** × březový cukr: **fruktóza a glukóza** × javorový sirup: **sacharóza**.*

- 6) Shledáváte tento pokus od přípravy až po vlastní provedení obtížným? Kde jste při jeho realizaci zaznamenali největší problémy? Co vás na něm nejméně a nejvíce bavilo?

*Různé názory, myšlenky, postoje a hodnotící soudy žáků.*

- 7) Co jsou to redoxní neboli oxidačně-redukční reakce? Jaký je rozdíl mezi oxidací a redukcí?

*Redoxní reakce jsou chemické reakce (děje), při kterých dochází ke změnám oxidačních čísel atomů prvků. Skládají se ze dvou současně probíhajících „poloreakcí“, a to oxidace a redukce. Oxidace je děj, při kterém se oxidační číslo atomu prvku zvyšuje, atom ztrácí elektrony. Redukce je děj, při kterém se oxidační číslo atomu prvku snižuje, atom přibírá elektrony.*

- 8) Jaký je rozdíl mezi oxidačním a redukčním činidlem?

*Oxidační činidlo způsobuje oxidaci, ale samo se redukuje x redukční činidlo způsobuje redukcí, ale samo se oxiduje.*

- 9) Jaký je rozdíl mezi pojmy sacharidy a cukry? Jaké znáte hlavní skupiny sacharidů podle složitosti molekul?

*Cukry jsou sacharidy nesladké chuti.*

*Skupiny sacharidů: monosacharidy = jednoduché cukry x disacharidy = dvojcukry (dvě cukerné jednotky) x polysacharidy = makromolekulární látky.*

- 10) Doplňte v tabulce chybějící údaje o daných sacharidech:

Název sacharidu	Skupina sacharidů	Výskyt
Fruktóza	<i>monosacharid</i>	<i>ovoce, med, krev</i>
<i>Celulóza</i>	<i>polysacharid</i>	stavební látka tvořící stěny rostlinných buněk
Laktóza	<i>disacharid</i>	<i>Mléko</i>
<i>Glukóza</i>	<i>monosacharid</i>	produkt fotosyntézy
Škrob	<i>polysacharid</i>	<i>rýže, brambory, obiloviny</i>
<i>Sacharóza</i>	<i>disacharid</i>	cukrová řepa, cukrová třtina
Maltóza	<i>disacharid</i>	<i>ječný slad</i>



**Obrázek 17: Důkaz redukujících sacharidů před a po**  
Foto autorka

## 2.5 Distanční projekt

### 2.5.1 Charakteristika projektu

Jedná se o mimořádnou a netradiční distanční formu projektu, nahrazující původně plánovaný projektový den mimo školu, který se z vážných epidemiologických důvodů a z nich plynoucího mimořádného vládního opatření – uzavření základních škol v době od 11. března 2020 – nemohl uskutečnit. Jeho smyslem je ověřit připravenost a schopnost žáků 9. ročníku samostatně a bez pomoci učitele odpovídat na otázky a plnit jednoduché úkoly na základě zhlédnutí dvou krátkých videopokusů. Jde o pokusy „Butanové divadlo“ a „Hořící ruce“ („Hoření zemního plynu a butanu“), které jsou zároveň součástí plánovaného „projektového dne mimo školu“ jako jeho úvodní a závěrečný pokus. Týkají se učiva 9. ročníku předmětu chemie, části „Organické sloučeniny“. Více informací ohledně zařazení do RVP ZV v metodických listech k pokusům „Butanové divadlo“ a „Hořící ruce“ v kapitole 2.3 Projektový den mimo školu.

### 2.5.2 Metody použité ke zjišťování dat

- videoprojekce – dva pokusy
- program Wizer.me – prezentace videopokusů a tvorba interaktivních pracovních listů
- propojení pracovních listů s Google Classroom (Učebna)
- analýza dat získaných od žáků 9. ročníku v programu Microsoft Excel a Microsoft Power BI. (Microsoft Power BI, nedatováno).
- vyhodnocení dat získaných od žáků 9. ročníku v programu QC Expert (TriloByte, nedatováno).

## **Charakteristika videoprojekce**

Pokusy byly natočeny dne 27. dubna 2020 v prostorách chemické laboratoře Katedry chemie FP TUL, Studentská 5, budova C TUL, 461 17 Liberec. Realizátorem pokusů byla Bc. Jaroslava Šlechtová, videoprojekci zajistil Mgr. Martin Slavík, Ph.D.

## **Charakteristika programu Wizer.me**

Interaktivní program Wizer.me slouží k tvorbě interaktivních pracovních listů, testů, sešitů atp., které lze sdílet s dalšími učiteli a zejména žáky. Zároveň umožňuje získat okamžitou zpětnou vazbu jak žákovi, tak učiteli bez zdlouhavého opravování úkolů. Na jedné jediné programové platformě se mohou objevit videa, hudba, zvuk, psaný text, vložený text, odkaz, obrázky a další média, aniž by bylo třeba je rozdělovat do několika různých souborů a posílat zvlášť, např. prostřednictvím e-mailu.

Do aplikace je možno se přihlásit bezplatně buď jako učitel, nebo jako žák (student). Nejprve je však nutné si vytvořit vlastní účet, přes nějž se do aplikace opakovaně vstupuje. Pokud se dále zvolí tvorba pracovního listu, nejdříve je třeba ho pojmenovat, tzn. vytvořit nadpis. K psaní jakéhokoliv textu lze vybírat z nabídky různých druhů a barev písma, podobně jako v jiných textových editorech. Následně se volí z nabídky úkolů, z nichž většina vyhovujících a používaných je zdarma. Např. je vhodné na začátek vložit video a k němu následně vyhotovit různé druhy úloh (otázek a úkolů) s uzavřenými či otevřenými odpověďmi. Mezi uzavřené úlohy patří dichotomické úlohy (s dvojčlennou volbou), s výběrem odpovědi (s jednou, příp. s více ne/správnými odpověďmi), úlohy přiřazovací a radící. Otevřené úlohy mohou být buď s širokou odpovědí, nebo se stručnou odpovědí, kam lze zařadit také doplňovací úlohy. Pokyny a úkoly lze zadávat písemně, hlasem nebo v podobě videootázky.

Pokud se jedná o uzavřenou úlohu s jednoznačnou odpovědí nebo odpověďmi, které jsou při zadávání autorem označeny, automaticky se těmto úlohám přiřadí bodové ohodnocení. V případě doplňovacích úloh, tzn. doplňování slov do textu, se také každá správná odpověď počítá za jeden bod, ale je možno si nastavit vlastní bodové hodnocení. U otevřených otázek není možné si předem nastavit bodové hodnocení, přesto mají uživatelé (žáci) možnost přiložit do místa pro odpověď jakýkoliv soubor (text, obrázek, video aj.) a hodnotitel (učitel) bodově ocení výsledek podle svého uvážení a podle předem známých kritérií. Vytvořený pracovní list se na závěr zařadí do zvoleného vyučovacího předmětu pro danou třídu a uloží se. Pracovní list je možné ještě znovu kontrolovat, příp. upravovat, a vidět ho tak, jak ho uvidí žáci. Ve výsledné podobě je pracovní list již připraven ke sdílení s kolegy nebo žáky, a to různými způsoby (odkaz, Facebook, Twitter atd.). S žáky je možno ho sdílet např. přes Google Classroom (Učebna) pouze odkazem. Druhá možnost je automatické vytvoření odkazu, kdy je nejdříve nutné v bezplatné verzi zaškrtnout variantu pro zveřejnění a dále lze zvolit možnost okamžité zpětné vazby pro žáky. Odkaz lze poté zpřístupnit kdekoliv, např. na webových stránkách školy, poslat e-mailem atp., podle zvoleného způsobu komunikace s příjemci odkazu. Autor pracovního listu

má možnost nasdílené a zpět přijaté pracovní listy analyzovat a hodnotit. Po přihlášení v programu Wizer.me se mu již vyplněné pracovní listy objeví ve složce, kam se tyto soubory automaticky ukládají. SYPO Projekt, 2020.

### **Charakteristika pracovních listů**

Pracovní listy byly vytvořeny přímo v programu Wizer.me. Jedná se o velmi zjednodušenou a redukovanou formu pracovních listů, které byly původně vytvořeny pro plánovaný „projektový den mimo školu“.

### **Charakteristika výzkumného souboru**

Žáci 9. ročníku Základní školy, Liberec, Lesní 575/12, příspěvková organizace. Předpokládaná účast 45 žáků, z toho 24 žáků třídy 9. A (11 dívek + 13 chlapců) a 21 žáků třídy 9. B (10 dívek + 11 chlapců). Skutečná účast 30 žáků, z toho 20 žáků 9. A (11 dívek + 9 chlapců) a 10 žáků 9. B (5 dívek + 5 chlapců).

### **Organizace sběru dat**

Přihlášení žáků 9. ročníků ZŠ Lesní do programu Wizer.me a vypracování pracovních listů ke dvěma videopokusům proběhlo ve dnech od 15. do 25. června 2020. Veškeré informace k přihlášení a vyplnění pracovních listů se uskutečnilo ve spolupráci s učitelkou fyziky a chemie ZŠ Lesní RNDr. Evou Bielikovou. Své žáky oslovila prostřednictvím jejich základní školou zvolené distanční formy výuky, v tomto případě pomocí prostředí aplikace Google Classroom (Učebna), kde žáci našli odkazy na pracovní listy k videopokusům. Vyplněné pracovní listy žáků byly shromážděny, analyzovány a vyhodnoceny Jaroslavou Šlechtovou ve spolupráci s Mgr. Martinem Slavíkem, Ph.D., ve dnech od 25. června do 6. července 2020.

### **Zpracování a vyhodnocování dat**

Zpracování a vyhodnocování dat probíhá v programu Wizer.me. Zde se nachází složka, kde se jednotlivé odevzdané pracovní listy shromažďují. Nejdříve je však třeba se přihlásit do programu pod účtem jejich tvůrce. Úkoly, které měly předem nastavené jednoznačné bodování, se vyhodnocují automaticky, otevřené úlohy je nutné zkontrolovat a přiřadit jim bodový zisk s předem stanoveného maximálního počtu bodů. Každý pracovní list je vyhodnocen zvlášť, ale je možné získat i úspěšnost odpovědí na každou úlohu, vyjádřenou procenty z celkového počtu odpovědí. Všechna získaná data jsou následně vyexportována do programu Microsoft Excel, v němž probíhá jejich další analýza a vyhodnocení pomocí tabulek a grafů.

### **2.5.3 Pracovní list k pokusu „Butanové divadlo“**

Pracovní list k pokusu „Butanové divadlo“ obsahuje následující otázky a úkoly, včetně maximálně dosažitelného počtu bodů u každé otázky. **Celkem lze získat 16 bodů.** Správné odpovědi jsou vyznačeny tučně.



1. Jak se označuje teplota, která odpovídá vzniku bublinek ve zkumavce? (**max. 1 bod**)

- a) teplota tání      **b) teplota varu**      c) teplota sublimace

2. Jaké skupenství má butan, když ho učitelka přelévá z kádinky? (**max. 1 bod**)

- a) plynné**      b) kapalně      c) pevné      d) plazma

3. Hustota butanu je v porovnání s hustotou vzduchu: (**max. 1 bod**)

- a) nižší      b) stejná      **c) vyšší**      d) nelze to s jistotou určit

4. Proč se zkumavka s butanem orosila? Uveďte příklad jevu, který se vyskytuje v přírodě. (**max. 5 bodů**)

Rosný bod v okolním vzduchu je vyšší než teplota povrchu zkumavky, tudíž vzduch poblíž zkumavky snižuje teplotu pod teplotu rosného bodu okolního vzduchu a vodní pára kondenzuje na vnějších stěnách zkumavky. Rosa na rostlinách za chladného rána.

5. Saze usazené na stěně kádinky jsou: (**max. 1 bod**)

- a) CO<sub>2</sub>      **b) C**      c) CO      d) CH<sub>4</sub>

6. Proč v kádince vznikají saze? Vyberte všechny správné varianty. Je to kvůli: (**max. 3 body**)

- a) přebytku kyslíku      b) nízké teplotě hoření      c) velkému množství butanu  
d) nedostatku kyslíku

7. Zařaďte látky do správné skupiny. (**max. 4 body**)

Alkany: methan, butan × Alkeny: ethen, propen × Alkyny: ethyn, propyn × Alkoholy: ethanol, ethan-1,2-diol

8. Co říkáte tomuto úkolu? Hodnocení je anonymní.



MRWEBHONEY, nedatováno. <https://www.shutterstock.com/cs/image-vector/thumbs-down-370181147>

9. Pokud chcete, nechte nám tu krátký komentář. Co bychom měli vylepšit? Co se Vám líbilo? Děkujeme.

## 2.5.4 Pracovní list k pokusu „Hořící ruce“

Pracovní list k pokusu „Hořící ruce“ („Hoření zemního plynu a butanu“) obsahuje následující otázky a úkoly, včetně maximálně dosažitelného počtu bodů u každé otázky. **Celkem lze získat 12 bodů.** Správné odpovědi jsou vyznačeny tučně.

1. Jaký uhlovodík tvoří podstatnou část zemního plynu? (**max. 1 bod**)

- a) methan**      b) ethan      c) propan      d) butan

2. Přiřaďte k sobě správný název a vzorec. (**max. 4 body**)

methan – CH<sub>4</sub> × ethan – C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> × propan – C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> × butan – C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>

3. Který plamen je svítivější? (**max. 1 bod**)  
 a) zemní plyn                      **b) butan**
4. Proč je tento plamen svítivější? Jako nápověda vám poslouží vzorce uhlovodíků. (**max. 2 body**)  
 Butan  $C_4H_{10}$  má větší poměr počtu atomů uhlíku k počtu atomů vodíku než methan  $CH_4$ , nebo že butan má vyšší molární hmotnost než methan.
5. Proč si učitelka nepopálila ruce? (**max. 2 body**)  
 Před zahájením pokusu si je omyla saponátovou vodou (nebo jen vodou), která se při hoření odpařovala. Voda má vysokou hodnotu měrného skupenského tepla varu ( $l_v = 2257 \text{ kJ/kg}$ ).
6. Jaké jsou produkty dokonalého spalování butanu? (**max. 1 bod**)  
 a)  $C + H_2O$             b)  $CO + H_2O$             c)  **$CO_2 + H_2O$**             d)  $C + H_2$
7. V řadě methan, ethan, propan, butan... teplota tání a teplota varu uhlovodíků: (**max. 1 bod**)  
 a) klesá                      b) nemění se                      c) **roste**                      d) teplota varu roste a teplota tání klesá
8. Co říkáte tomuto úkolu? Hodnocení je anonymní.



MRWEBHONEY, nedatováno. <https://www.shutterstock.com/cs/image-vector/thumbs-down-370181147>

9. Pokud chcete, nechte nám tu krátký komentář. Co bychom měli vylepšit? Co se Vám líbilo? Děkujeme.

## 2.6 Výsledky a vyhodnocení distančního projektu

Tato část diplomové práce seznamuje počtem účastníků distančního projektu a s výsledky a vyhodnocením pracovních listů, zadaných a vyplněných v rámci distanční výuky. Data, která jsou zahrnuta do vyhodnocování, jsou tato:

- celkový počet všech účastníků projektu, z toho počet žáků třídy 9. A a 9. B., rozdělených na dívky a chlapce;
- celkový počet všech žáků, rozdělených podle třídy a pohlaví;
- výsledná známka z chemie všech respondentů na konci školního roku 2019/2020;
- bodové a procentuální zisky účastníků v jednotlivých otázkách pracovních listů a jejich celkové bodové a procentuální zisky;
- celkový bodový a procentuální zisk všech účastníků;
- čas potřebný k vyplnění pracovních listů jednotlivých účastníků.

**Tabulka 5: Počet žáků navštěvujících třídu a účastníků se projektu**

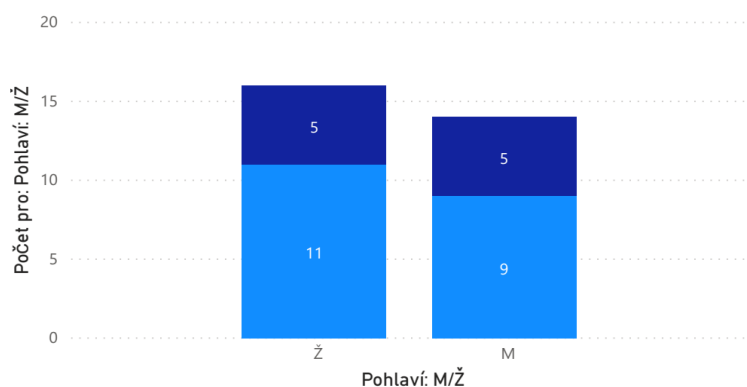
Počet / třída	Žáci navštěvující třídu		Žáci účastníci se projektu	
	9. A	9. B	9. A	9. B
<b>Dívky</b>	11	10	11	5
<b>Chlapci</b>	13	11	9	5
<b>Celkem</b>	24	21	20	10
<b>Celkem 9. A + 9. B</b>	45		30	

## 2.6.1 Účast žáků v distančním projektu

### Účast žáků podle pohlaví a třídy

Počet pro: Pohlaví: M/Ž podle kategorie Pohlaví: M/Ž a Třída

Třída ● 9. A ● 9. B



**Obrázek 18: Účastníci podle pohlaví a třídy**

Distančního projektu se zúčastnilo:

- celkem 30 žáků obou tříd;
- z toho 20 žáků třídy 9. A z celkového počtu 24 žáků 9. A a 10 žáků třídy 9. B z celkového počtu 21 žáků 9. B;
- z toho 16 dívek z celkového počtu 21 dívek a 14 chlapců z celkového počtu 24 chlapců;
- v 9. A: 11 dívek z celkového počtu 11 dívek a 9 chlapců z celkového počtu 13 chlapců;
- v 9. B: 5 dívek 9. z celkového počtu 10 dívek a 5 chlapců z celkového počtu 11 chlapců.

### Vyhodnocení:

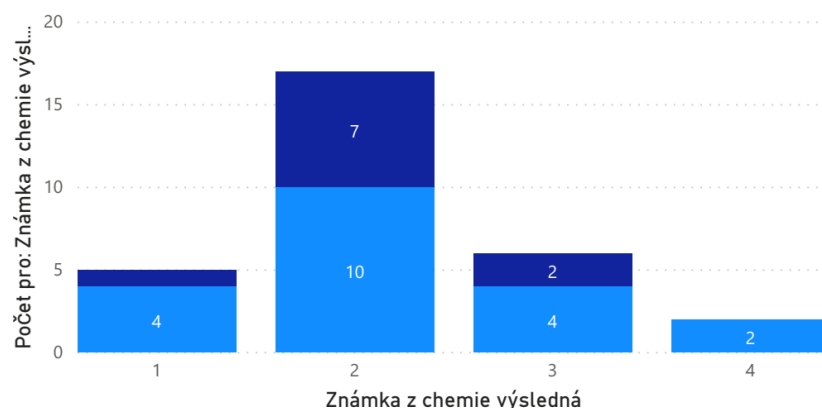
- Celkem se projektu zúčastnilo 66,7 % z předpokládaného počtu všech žáků obou tříd, z toho 53,3 % dívek a 46,7 % chlapců => zapojilo se o trochu více dívek než chlapců.
- Ve třídě 9. A se zapojilo 83,3 % žáků × ve třídě 9. B pouze 47,6 % žáků => převažovala účast žáků třídy 9. A. Vysvětlení podala učitelka chemie ZŠ Lesní Liberec, RNDr. Eva Bieliková – v době testování byla výuka v 9. B již ukončená, distančního projektu se tedy účastnili jen dobrovolníci.
- Z celkového počtu dívek se jich účastnilo 76,2 % a z celkového počtu chlapců 58,3 % => zapojení do projektu je výraznější u dívek než u chlapců, zřejmě protože jsou disciplinovanější, svědomitější a zodpovědnější než chlapci.

- Ve třídě 9. A se účastnilo 100 % dívek a 69,2 % chlapců => v této třídě vyšší procento účasti dívek potvrzuje domněnku z předchozího bodu.
- Ve třídě 9. B se účastnilo 50 % dívek a 45,5 % chlapců => v této třídě je účast dívek i chlapců srovnatelná a nepotvrzuje předešlou domněnku.
- Lze konstatovat, že třída 9. A celkově převyšuje zájem třídy 9. B o účast v projektu, a to jak v 100% účasti dívek, tak ve viditelně výraznějším zapojení chlapců. Participace dívek je celkově také významnější než chlapců.

## Účast žáků podle výsledné známky z chemie a třídy

Počet pro: Znamka z chemie výsledná podle kategorie Znamka z chemie výsledná a Třída

Třída ● 9. A ● 9. B



**Obrázek 19: Účastníci podle výsledné známky z chemie a třídy**

Graf zobrazuje, že z 30 žáků obou tříd se zapojilo:

- 5 jedničkářů, 17 dvojkařů, 6 trojkařů a 2 čtyřkaři;
- z 9. A: 4 jedničkářky, 10 dvojkařů, 4 trojkaři a 2 čtyřkaři z celkového počtu 20 respondentů;
- z 9. B: 1 jedničkářka, 7 dvojkařů, 2 trojkaři a žádný čtyřkař z celkového počtu 10 respondentů.

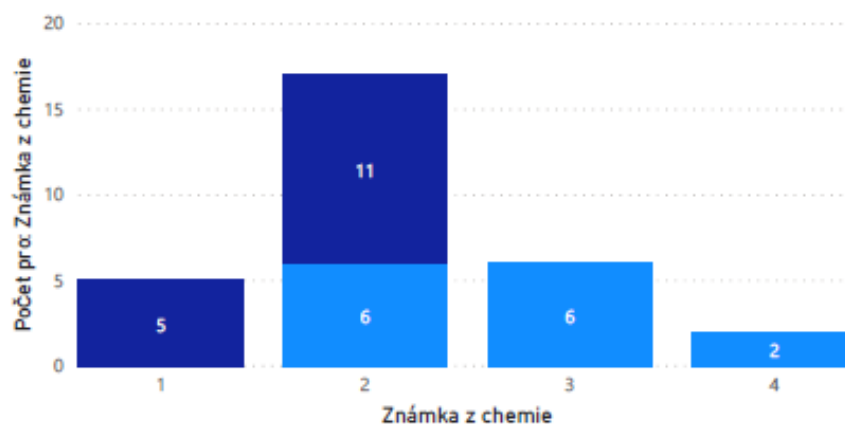
### Vyhodnocení:

- Nejvyšší 56,7% podíl z celkového počtu účastníků měli dvojkaři, poté 20% trojkaři, dále 8,3% jedničkáři a pouze 6,7% čtyřkaři.
- Ve třídě 9. A měli opět nejvýznamnější 50% zastoupení dvojkaři, 20% účast jedničkáři a trojkaři a pouze 1% podíl čtyřkaři.
- Ve třídě 9. B se rovněž účastnilo nejvíce dvojkařů, a to 70% podílem, 20% podíl činili trojkaři, pouze 10% jedničkáři a žádný čtyřkař.
- Z výsledků je viditelné, že v obou třídách je nejvyšší zastoupení dvojkařů, jednu pětinu tvoří trojkaři, méně je jedničkářů a výjimečně se vyskytují čtyřkaři.
- Většina jedničkářů a dvojkařů je z 9. A.

## Účast žáků podle výsledné známky z chemie a pohlaví

Počet pro: Známká z chemie podle kategorie Známká z chemie a Pohlaví:  
M/Ž

Pohlaví: M/Ž ● M ● Ž



Obrázek 20: Účastníci podle výsledné známky z chemie a pohlaví

Z grafu vidíme, že z 30 žáků obou tříd se zapojilo:

- 5 dívek jedničkářek, 17 dvojkařů, z nichž 11 je dívek a 6 chlapců, 6 chlapců trojkařů a 2 chlapci čtyřkaři.

### Vyhodnocení:

- Jedničkáři jsou samé dívky a mezi dvojkaři také převažují dívky.
- Všichni trojkaři a čtyřkaři jsou chlapci.
- Nadprůměrných žáků je znatelně více než průměrných a podprůměrných.

## 2.6.2 Výsledky a vyhodnocení pracovních listů „Butanové divadlo“

Tabulka 6: Přehled průměrných hodnot z pracovních listů „Butanové divadlo“

Známká z chemie	Čas [min]	Procentuální úspěšnost v otázce č.							Celkem [body]	Procento úspěšnosti
		1	2	3	4	5	6	7		
1	22,0	75,00	50,00	100,00	40,00	75,00	58,33	90,63	10,38	64,84
2	26,6	73,68	63,16	84,21	33,16	78,95	70,18	86,18	10,21	63,82
3	21,2	83,33	50,00	83,33	21,67	33,33	61,11	52,08	7,50	46,88
4	15,5	100,00	100,00	100,00	45,00	100,00	50,00	81,25	11,00	68,75
<b>Celkový průměr</b>	<b>24,23</b>	<b>77,42</b>	<b>61,29</b>	<b>87,10</b>	<b>32,58</b>	<b>70,97</b>	<b>65,59</b>	<b>79,84</b>	<b>9,76</b>	<b>60,99</b>

Pozn.: Šedě podbarvené jsou výsledky u otevřené otázky.

Tabulka ukazuje:

- procentuální úspěšnost žáků v jednotlivých otázkách podle známek z chemie a celkově;
- průměrný čas žáků na vyplnění pracovního listu podle známek z chemie a celkově;

- výsledný bodový zisk žáků z celkového počtu 16 bodů podle známek z chemie a celkově;
- výslednou procentuální úspěšnost žáků podle známek z chemie a celkově.

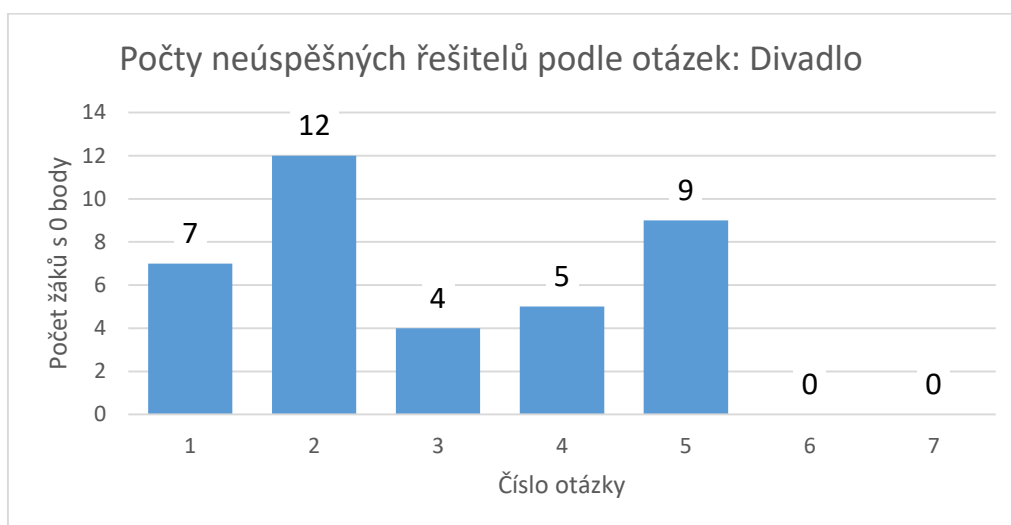
### Vyhodnocení:

- Celková průměrná procentuální úspěšnost všech žáků, tj. 60,99 %, se pohybuje v pásmu průměru, a tudíž by na základě klasifikace podle bodového ohodnocení odpovídala klasifikačnímu stupni „dobrý“. Výsledek by mohl být příznivější, ale vzhledem k tomu, že učivo týkající se alkanů bylo probráno formou distanční výuky a vyloženo podle informací RNDr. Evy Bielikové, učitelky chemie na ZŠ Lesní, asi týden před vyplňováním pracovních listů, je zřejmě přiměřený těmto okolnostem.
- Nebyl objeven žádný statisticky významný rozdíl v úspěšnosti podle třídy, ani podle pohlaví.
- Nejlépe zodpovězená byla otázka č. 3, která se ptala na porovnání hustoty butanu s hustotou vzduchu. Odpověď na otázku bylo možno jednoduše vypočítat z videa, neboť butan stékal žlábkem dolů ke svíčke. Zajímavé je, že jedničkaři i čtyřkaři měli 100% úspěšnost. U jedničkařů se to očekávalo. U čtyřkařů mohlo jít zřejmě o pomoc zvnějšku.
- Nejhůře zodpovězená byla jediná otevřená otázka č. 4, jež se ptala na důvod orosení zkumavky a uvedení příkladu. Výsledek není překvapující, neboť je vždy obtížné vytvořit smysluplné zdůvodnění. Žáci sice často popisovali, co viděli, ale bez řádného odůvodnění, které již vyžaduje hlubší znalosti zkoumaného jevu. Příklad většinou uváděli. Výsledky se snižují dle předpokladu od jedničkařů k trojkařům, ale opět překvapivý výsledek u čtyřkařů, kteří jsou úspěšnější než jedničkaři. Zřejmě mohlo jít o pomoc zvnějšku.
- Překvapující je nejvyšší průměrná bodová, a tím i procentuální úspěšnost čtyřkařů, a zároveň nejnižší průměrný dosažený čas. Lze to vysvětlit např. tím, že se jednalo pouze o dva žáky, ale zejména je možné, že jim pomáhal někdo z blízkého okolí, nebo výsledky převzali od nějakého „chytřejšího žáka“. Jediná otázka, kde zaostávají v průměru za ostatními, je č. 6, tážící se na to, proč v kádince vznikají saze. K otázce existovaly 3 správné odpovědi ze 4 alternativ, proto zde mohli snadno některé ze správných odpovědí opomenout.
- Dle očekávání se však snižuje celková bodová, a tím i procentuální úspěšnost od jedničkařů k trojkařům, přesto jsou v otázkách č. 2, 5 a 6 dvojkaři úspěšnější než jedničkaři. Otázka č. 2 se týkala skupenství přelévaného butanu, otázka č. 5 se ptala, co jsou saze usazené na stěně kádinky a otázka č. 6 s vícero správnými odpověďmi se tázala na důvod vzniku sazí v kádince. Vyložit tento jev lze tím, že dvojkařů je nejvíce (17) a jedničkařů pouze 5, dále jsou dvojkaři často velmi šikovní žáci a jedničkaři nemusí být vždy dokonalí.
- Další zvláštností je, že u otázky č. 1 a 6 mají trojkaři vyšší procentuální úspěšnost než jedničkaři, i když nikterak markantně. Otázka č. 1 se ptala, jak se označuje teplota, která odpovídá vzniku bublinek ve zkumavce, otázka č. 6 s výběrem 3 správných odpovědí ze 4 se tázala na důvod vzniku sazí.
- Překvapivě nízké jsou také procentuální zisky u otázky č. 2, zkoumající skupenství přelévaného butanu. Kromě dvou 100% úspěšných čtyřkařů jsou výsledky horší u všech žáků.

Chyby v určení skupenství mohly vzniknout s největší pravděpodobností kvůli scházejícímu detailnímu záběru na kádinku s plynem ve videonahrávce, na což upozornila učitelka chemie ZŠ Lesní RNDr. Eva Bieliková.

- Poměrně nízké, opět kromě 100% čtyřkařů, jsou také procentuální výsledky u otázky č. 1., tázající se na to, jak se označuje teplota odpovídající vzniku bublinek ve zkumavce. Zde se očekávala vysoká úspěšnost odpovědí, ale výsledky jsou překvapivě nižší.
- Co se týče průměrné doby na zhlédnutí a vypracování pracovních listů, je kromě dvou rychlejších čtyřkařů vyrovnaná. U dvojkařů je sice o pár minut vyšší, ale průměrný čas na vypracování testu se podle známek statisticky neliší.
- Celkově jsou výsledky z pracovních listů k pokusu „Butanové divadlo“ uspokojivé. Největší problémy mají téměř všichni žáci s otevřenými otázkami, tzn. s vytvořením přesné formulace odpovědi. Rovněž jsou obtížnější otázky s výběrem více správných alternativ, při čemž je velká pravděpodobnost, že se některá odpověď již nevybere, neboť už zřejmě není pro žáky tak přesvědčivá či jednoznačná. Kromě „výjimečných“ čtyřkařů je příznačná tendence, až na výjimky u některých otázek, zhoršování výsledků od jedničkařů k trojkařům.

### Počty neúspěšných řešitelů – Butanové divadlo



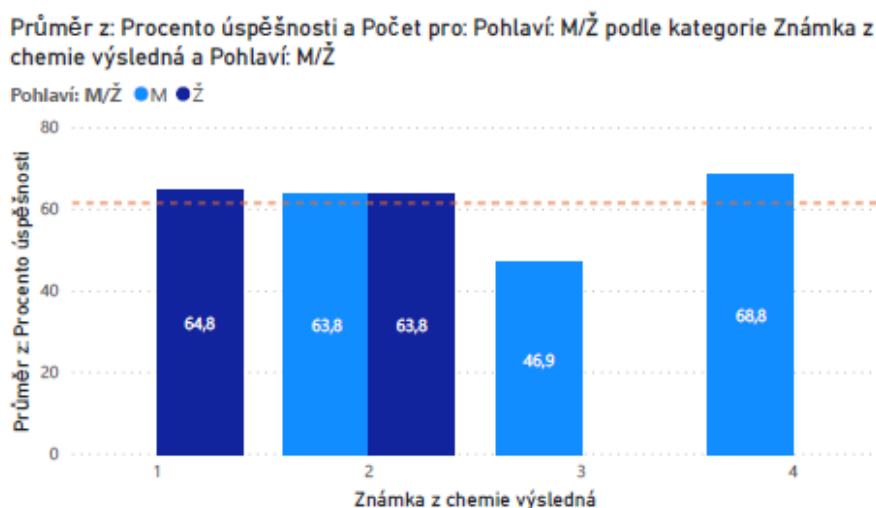
**Obrázek 21:** *Počty neúspěšných řešitelů podle jednotlivých otázek – Butanové divadlo*

#### Vyhodnocení:

- Nejvíce chybných odpovědí (12 z celkového počtu 30 žáků) se objevilo u otázky č. 2, která se tázala na skupenství butanu při jeho přelévání z kádinky do žlábků. Jak již bylo zmíněno výše, nesprávné odpovědi v určení skupenství lze přisoudit chybějícímu detailnímu záběru na kádinku s plynem ve videonahrávce. Kdyby žáci mohli tento moment pozorovat zblízka a ještě zpomaleně, viděli by, že v kádince není už žádná kapalina, ale pouze plyn.
- Na dalším místě v počtu neúspěšných odpovědí žáků (9/30) byla otázka č. 5, která se ptala, co jsou saze usazené na stěně kádinky. Je zarážející, že tyto žáci identifikovali saze jako jeden z nabízených plynů ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ). Zřejmě nevěděli, že se jedná o vzorce plynů.

- Překvapivá je také omylnost žáků u otázky č. 1 (7/30), kde se měla označit správným názvem teplota odpovídající vzniku bublinek ve zkumavce, a u otázky č. 3 (4/30), porovnávající hustotu butanu s hustotou vzduchu. Celkově jsou však tyto počty nízké.
- Počty u otevřené otázky č. 4, vztahující se k vysvětlení orosení zkumavky po vstříknutí butanu, sice ukazují pouze 5 neúspěšných řešitelů z 30, ale zde je třeba zdůraznit, že se jedná o odpovědi, které byly naprosto bez zisku bodu. Maximem bylo 5 bodů, tzn., že všichni ostatní žáci získali alespoň částečný počet bodů. Avšak celková procentuální úspěšnost u této otázky byla nejnižší ze všech otázek.
- Podobně nulový počet neúspěšných řešitelů u otázek č. 6 a 7 neznámá, že by odpovědi byly 100%, ale žáci v těchto otázkách splnili alespoň jejich část. Otázka č. 6 nabízela 3 správné odpovědi ze 4 (zdůvodnění vzniku sazí v kádince) a v celkovém procentuálním vyhodnocení patřila k méně zdařilým. Otázka č. 7 byla přiřazovací (do 4 základních skupin uhlovodíků zařadit vždy dva zástupce), žáci byli úspěšní také pouze částečně, ale celkový procentuální výsledek v této otázce byl obstojný.

## Úspěšnost žáků podle výsledné známky z chemie a pohlaví



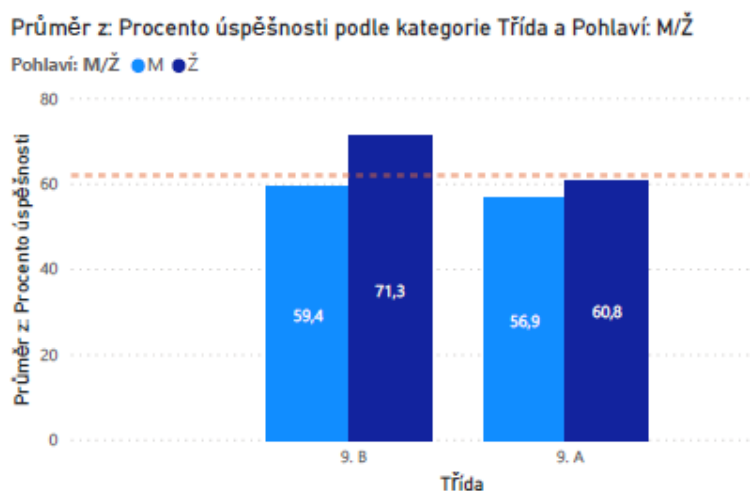
**Obrázek 22: Procentuální úspěšnost žáků podle výsledné známky z chemie a pohlaví**

### Vyhodnocení:

- Úspěšnost v řešení je u jedničkařů a dvojkařů vyrovnaná, přesto se pohybuje v pásmu lepšího průměru. Všechny jedničkaři jsou navíc ženského pohlaví. Dvojkařů je nejvíce (17/30) a jejich celkový výsledek je u dívek i chlapců obdobný.
- Zřetelně nižší je celková úspěšnost u trojkařů, což odpovídá postupnému klesajícímu trendu od jedničkařů k trojkařům. Čtyřkaři jsou ale pouze dva a jejich výsledek je s podivem celkově lepší než u jedničkařů, což lze přičíst buď vlivu okolí, nebo případnému opisování (poslání výsledků jiným žákem).



## Úspěšnost žáků podle třídy a pohlaví

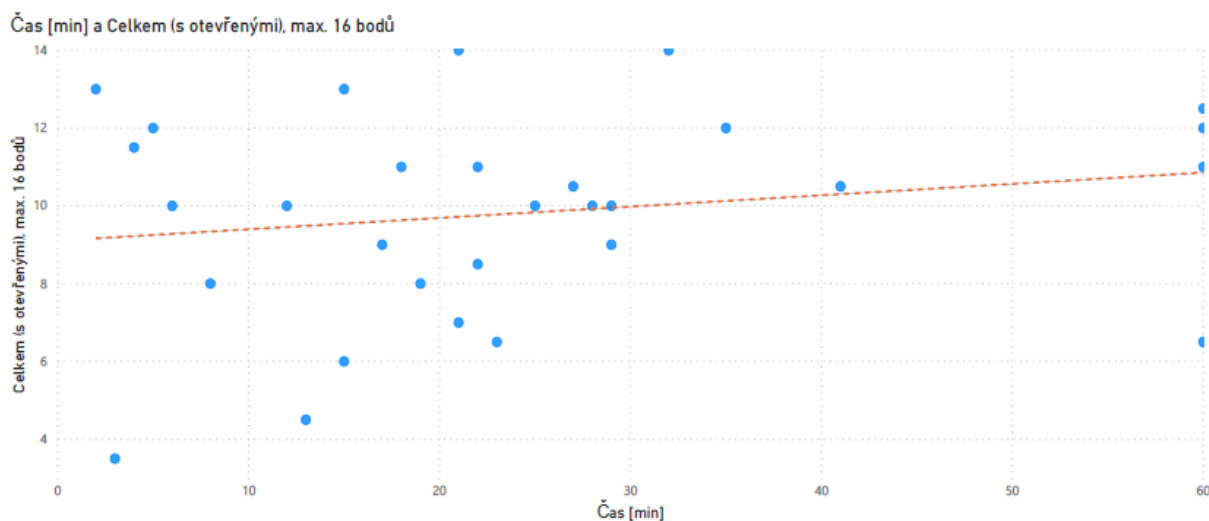


Obrázek 23: Procentuální úspěšnost žáků podle třídy a pohlaví

### Vyhodnocení:

- Žáci 9. B jsou mírně úspěšnější než žáci 9. A. Je však nutné poznamenat, že žáků 9. A se účastnilo projektu dvakrát více než žáků 9. B.
- Celkový výsledek dívek je sice viditelně o něco vyšší než u chlapců, ale zapojilo se jich celkem 16 a chlapců 14.
- Dívky z 9. A i z 9. B jsou výsledkově lepší než chlapci z týchž tříd. Výraznější rozdíl mezi lepším dosaženým procentuálním ziskem dívek 9. A a 9. A lze zdůvodnit jejich více jak o polovinu nižším počtem.

## Závislost dosaženého počtu bodů na čase

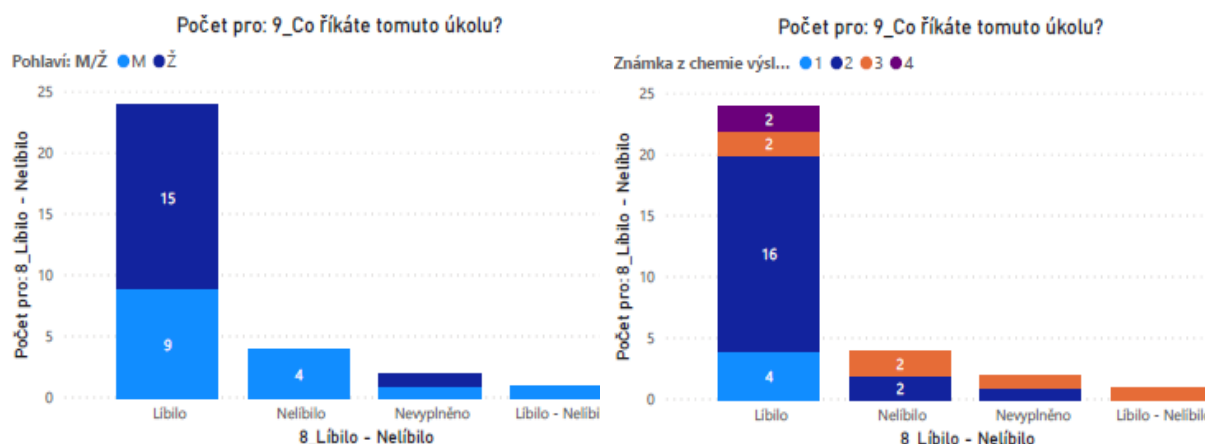


Obrázek 24: Závislost dosaženého počtu bodů žáků na čase – Butanové divadlo

## Vyhodnocení:

- Nejvíce pracovních listů bylo vyplněno do 30 minut od spuštění videa.
- Nejrychleji byly úkoly vypracovány v řádu jednotek minut, paradoxně 1 velmi neúspěšný a 1 velmi úspěšný.
- Nejdélší doba k dokončení pracovních listů se pohybovala okolo 60 minut, přesto jsou bodové zisky u několika žáků poměrně rozdílné.
- Výsledné dosažené body většiny řešitelů nezávisí na množství času, detailní statistický výstup je dostupný v Příloze č. 3.

## Hodnocení líbilo × nelíbilo v závislosti na pohlaví a známkách z chemie



Obrázek 25: Spokojenost s projektem Butanové divadlo podle pohlaví a známek z chemie

## Vyhodnocení:

- Nejvíce videoprojekt obstál u dívek z kategorie dvojkařů. Celkově lze konstatovat, že s ním byli spokojeni zejména žáci s lepším než průměrným prospěchem.
- Nelíbil se 4 chlapcům, 1 dívka a 1 chlapec dotaz nezodpověděli a 1 žák je nevyhraněný.

### 2.6.3 Výsledky a vyhodnocení pracovních listů na téma „Hořící ruce“

Tabulka 7: Přehled průměrných hodnot z pracovních listů „Hořící ruce“

Známka z chemie	Čas [min]	Procentuální úspěšnost v otázce č.							Celkem [body]	Procento úspěšnosti
		1	2	3	4	5	6	7		
1	10,4	100,00	85,00	100,00	30,00	40,00	100,00	40,00	8,20	68,33
2	18,9	100,00	94,12	94,12	11,76	63,24	76,47	52,94	8,50	70,83
3	21,5	66,67	70,83	100,00	16,67	41,67	16,67	50,00	6,33	52,78
4	14,0	100,00	100,00	100,00	25,00	50,00	100,00	100,00	9,50	79,17
<b>Celkový průměr</b>	<b>17,7</b>	<b>93,33</b>	<b>88,33</b>	<b>96,67</b>	<b>16,67</b>	<b>54,17</b>	<b>70,00</b>	<b>53,33</b>	<b>8,08</b>	<b>67,36</b>

Pozn.: Šedě podbarvené jsou výsledky u otevřené otázky.

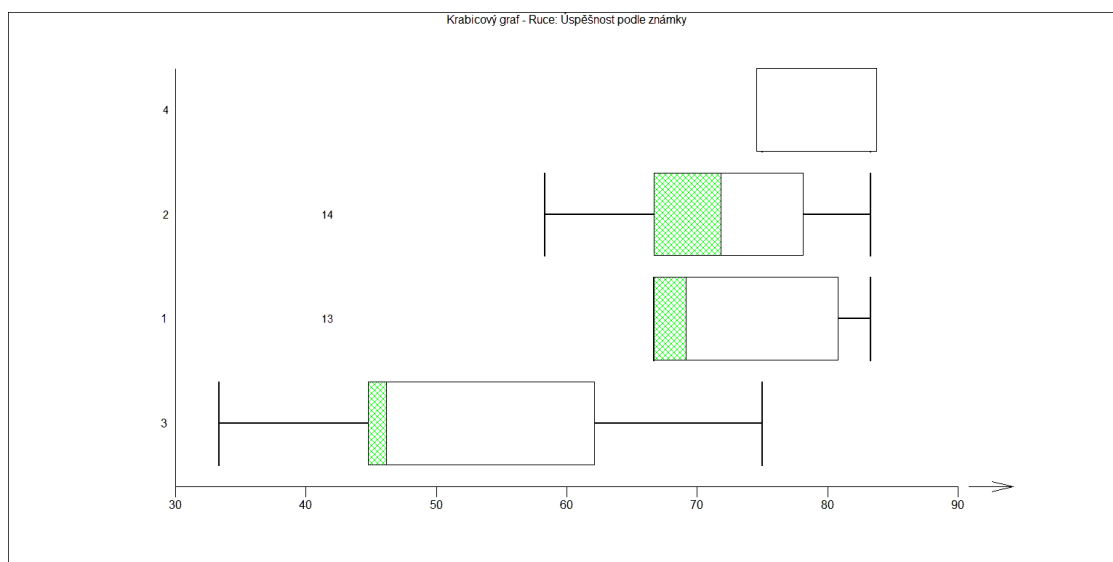
Tabulka ukazuje:

- procentuální úspěšnost žáků v jednotlivých otázkách podle známek z chemie a celkově;
- průměrný čas žáků na vyplnění pracovního listu podle známek z chemie a celkově;
- výsledný bodový zisk žáků z celkového počtu 12 bodů podle známek z chemie a celkově;
- výslednou procentuální úspěšnost žáků podle známek z chemie a celkově.

### Vyhodnocení:

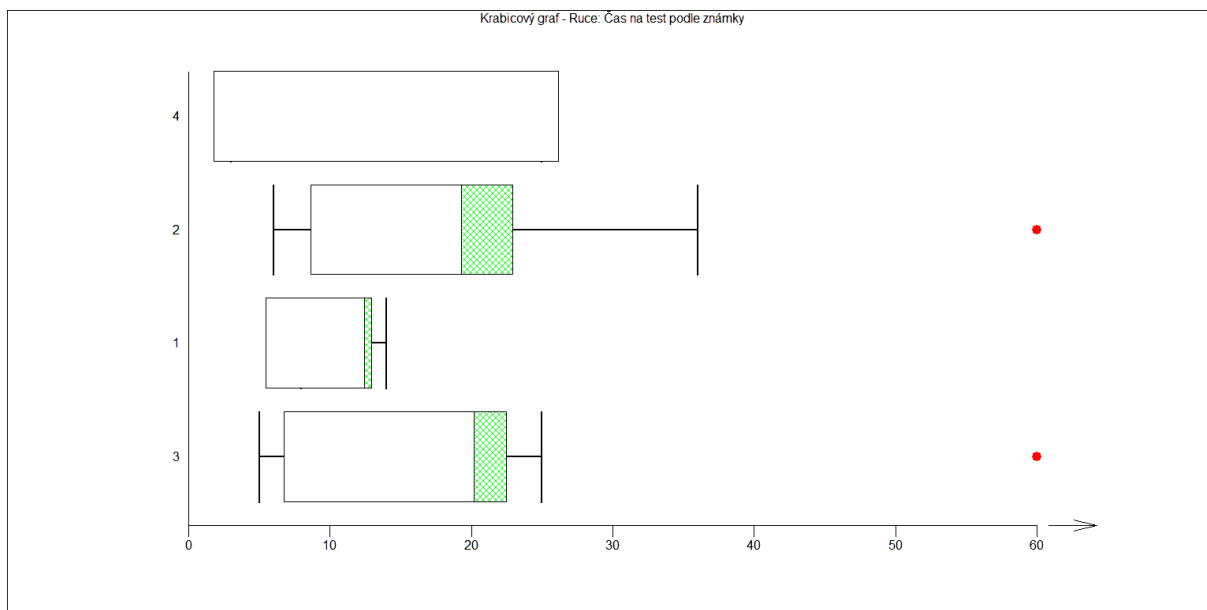
- Celková průměrná procentuální úspěšnost všech žáků, tj. 67,36 %, se pohybuje v pásmu lepšího průměru, na základě klasifikace podle bodového ohodnocení by opět odpovídala klasifikačnímu stupni „dobrý“. Výsledek je srovnatelný s celkovým výsledkem videoprojektu „Butanové divadlo“ patrně ze stejných důvodů, tzn. učivo týkající se alkanů bylo vyloženo asi týden před vyplňováním pracovních listů v rámci distanční výuky.
- Nebyl objeven žádný statisticky významný rozdíl v úspěšnosti podle třídy, ani podle pohlaví.
- Největší průměrný procentuální zisk byl dosažen u otázky č. 3, v níž měli žáci rozhodnout, který plamen je svítivější. Odpověď závisela pouze na dobrém zrakovém vnímání, které mají všichni žáci zřejmě v pořádku. Chyba se objevila pouze u dvojkařů, což lze vysvětlit např. tím, že si někdo popletl pojmy světlejší a svítivější.
- Úspěšné odpovědi byly také na otázku č. 1, dotazující se na hlavní složku zemního plynu. Až na pár trojkařů, kterým se zřejmě nechtělo informaci vyhledat, všichni žáci odpověděli správně, což je potěšující.
- Třetí nejvyšší průměrný procentuální výsledek získali žáci u otázky č. 2, kde měli spojovat 4 vzorce alkanů s jejich názvy. Vzhledem k tomu, že se jednalo o první 4 uhlovodíky základní řady, byl úkol opravdu jednoduchý. Přesto by se dal, a to zejména u jedničkářů, očekávat lepší výsledek. Dvojkaři byli dokonce úspěšnější. Překvapení jsou opět dva čtyřkaři, kteří byli 100%.
- Výrazně nejhorší výsledek lze vidět u otevřené otázky č. 4, která se ptala na zdůvodnění, proč je plamen (butanu) svítivější. To, že se jedná o butan, téměř všichni žáci v předchozí otázce poznali. Vůbec nikdo však neodpověděl přesně, a tím pádem nezískal plný počet bodů (2), přestože jako nápověda měly posloužit vzorce uhlovodíků. Pokud žáci odpověděli napůl, většinou se vyjadřovali počtem uhlíků nebo délkou uhlovodíkového řetězce. Nikoho nenapadlo poměr počtu atomů uhlíku k počtu atomů vodíku. Otázka byla ale opravdu těžká na správné vysvětlení, proto lze pochopit i celkový výsledek.
- Obdobně náročná na korektní zdůvodnění byla druhá otevřená otázka č. 5, dotazující se, proč si učitelka nepopálila ruce. Zde však žáci téměř vždy odpověděli alespoň částečně, že si učitelka omyla ruce (saponátovou) vodou, ale často chybělo vysvětlení. Kupodivu se objevilo i několik (5) erudovaných odpovědí z řad dvojkařů, což velice příznivě ovlivnilo i jejich průměrný bodový, a tím i procentuální zisk (63,24 %) za položenou otázku.

- Celkem příznivý celkový výsledek (70 %) dosáhli žáci v otázce č. 6, v níž měli vybrat produkty dokonalého spalování butanu ze čtyř možností. Na snížení úspěšnosti se významnou měrou podíleli trojkaři. K překvapení jediní dva čtyřkaři odpověděli správně.
- Mírně nadprůměrně dopadl výsledek u otázky č. 7, nabízející ze čtyř alternativ, co se děje s teplotou tání a varu v uhlovodíkové řadě počínající methanem (roste, klesá aj.). V této otázce nejhůře skončili jedničkáři (40 %). Je pochopitelné, že odpověď již zcela jistě vyžaduje přemýšlení a hledání souvislostí mezi určitými jevy. Zde si žáci nevystačili s pouhým pozorováním, a proto je výsledek horší.
- Dvojkařům se podařilo s celkovým procentem úspěšnosti mírně překonat jedničkáře, k čemuž určitě přispěl lepší výsledek u třech otázek, z nichž zejména 5. otázka (otevřená) pomohla tento náskok vytvořit. Opět se potvrzují kvality dvojkařů. Vysvětlením jejich lepšího celkového výsledku může být i jejich delší průměrný čas na vypracování pracovních listů.
- Překvapením jsou zase čtyřkaři, kteří dosáhli v průměru nejlepšího celkového výsledku, navíc v druhém nejkratším průměrném čase. Kromě nevýrazného skluzu za jedničkáři v otázce č. 4 byli ve všech dalších otázkách nejlepší, dokonce pětkrát 100%, pouze v otevřené otázce č. 5 50%. Nutno připomenout, že byli ale pouze dva. Jestli jim pomáhal někdo blízký z rodiny, z kamarádů, spolužáků, ... lze jen polemizovat.
- Jediný statisticky významný rozdíl v úspěšnosti podle známek představuje nižší úspěšnost trojkařů oproti dvojkařům. Výstup analýzy rozptylu spočítané pomocí software QC Expert (TriloByte, nedatováno) najdete v příloze č. 3.



**Obrázek 26: Úspěšnost testu Hořící ruce podle známky**

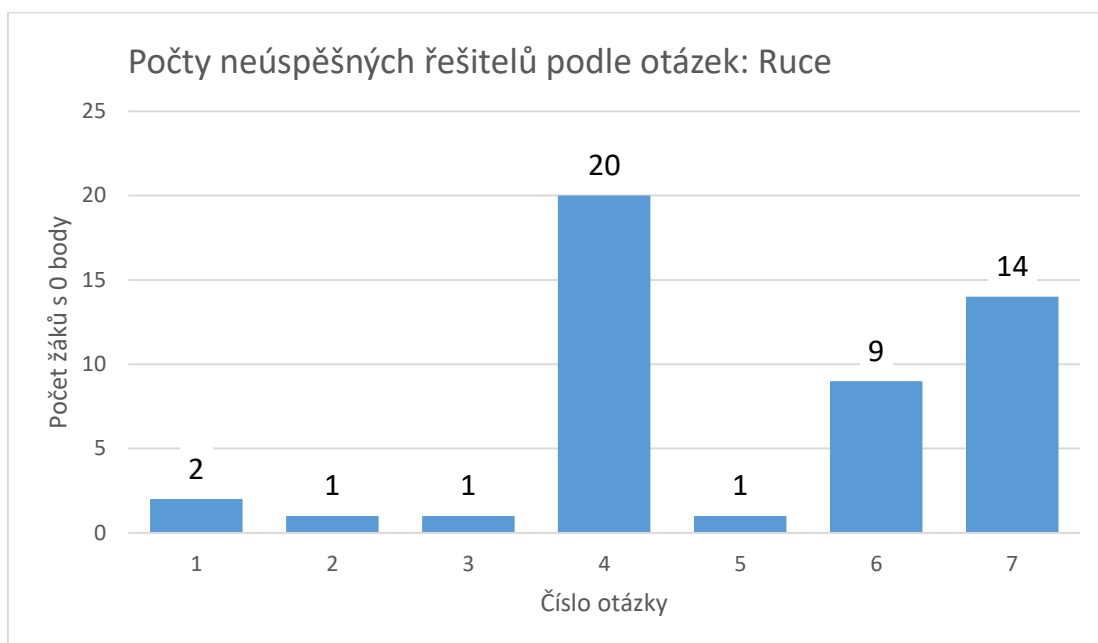
- Průměrný čas na zhlédnutí videa a vyplnění pracovních listů se zvyšoval od jedničkářů k trojkařům, což by se dalo, až na již zmíněné rychlé čtyřkaře, předpokládat. V každé kategorii podle známek z chemie lze ale vždy najít výjimky s velmi krátkým nebo naopak velmi dlouhým absolutním časem na zpracování videoprojektu.



**Obrázek 27: Průměrný čas na vypracování testu Hořící ruce podle známky**

- Je třeba zdůraznit, že zkoumaný soubor obsahoval relativně nevýznamný počet žáků (30). K přesvědčivějším závěrům by bylo třeba získat mnohem větší množství dat.
- Celkově lze výsledky z pracovních listů k pokusu „Hořící ruce“ („Hoření zemního plynu a butanu“) považovat za mírně nadprůměrné. Nejobtížnější se opět ukázaly otevřené otázky, jejichž přesné zodpovězení se zakládá zejména na myšlenkových procesech, nikoliv na pouhém pozorování jevů nebo vyhledávání informací na internetu atp. V tomto videoprojektu se úspěšně projeví především dvojkaři, mírně zklamali jedničkaři, ale zase jich bylo méně. Standardní úroveň předvedli trojkaři, jejichž výsledky odpovídají očekávání a jejich schopnostem a předpokladům. S určitou rezervou lze tvrdit, že trojkaři pracovali při vyplňování pracovních listů samostatně v optimálním průměrném čase. Čtyřkaři byli pouze dva, a proto z jejich mimořádně dobrých výsledků nelze učinit rozhodující závěr. Možná byli závislí na cizí pomoci, a to i vzhledem k nejkratší průměrné časové realizaci pracovních listů, ale jedná se pouze o nepotvrzenou domněnku.

## Počty neúspěšných řešitelů – Hořící ruce



**Obrázek 28:** *Počty neúspěšných řešitelů podle jednotlivých otázek – Hořící ruce*

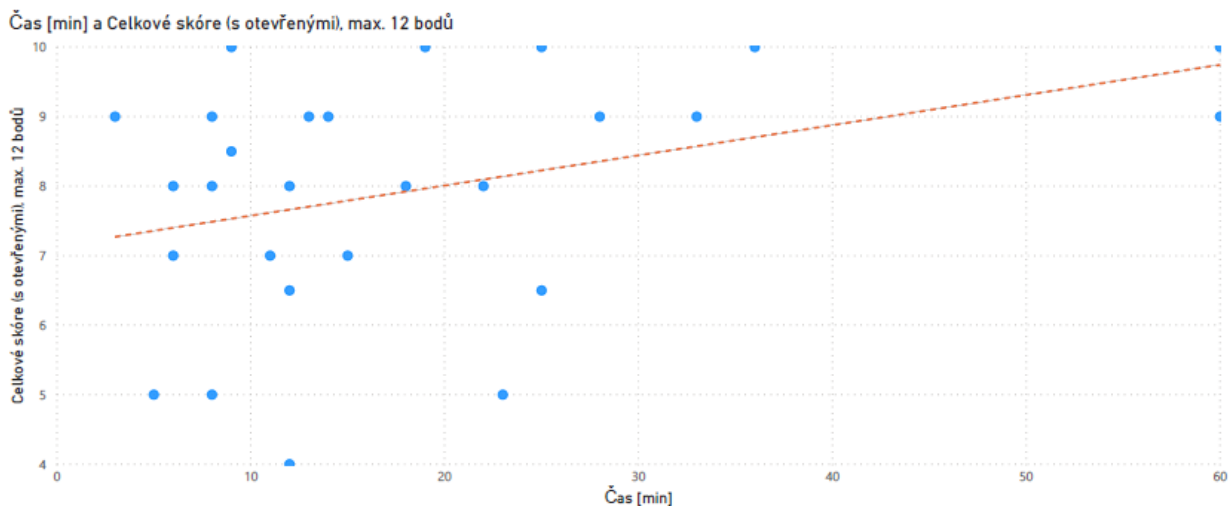
Graf znázorňuje počty neúspěšných řešitelů z celkového počtu 30 žáků v jednotlivých otázkách pracovního listu „Hořící ruce“ („Hoření zemního plynu a butanu“).

### Vyhodnocení:

- Naprosto jednoznačně nejméně úspěšnou byla otevřená otázka č. 4, kde bylo nutné zdůvodnit v odpovědi větší svítivost plamene butanu oproti zemnímu plynu. 2/3 žáků odpověděly zcela chybně, ostatní odpovědi byly neúplné. Omluvou pro žáky by mohla být vysoká obtížnost této otázky ve smyslu absence přesného vyjadřování odpovědi. Přesto by se očekával větší podíl alespoň částečných odpovědí.
- Problematickou pro žáky se jevila také otázka č. 7, v níž neuspělo 14 žáků z 30, což je téměř polovina. Odpověď na otázku se nedala vypožorovat z videa. Jednalo se o posouzení, co se děje s teplotou tání a varu v uhlovodíkové řadě od methanu dále. Zde bylo nutné si uvědomit, jak délka uhlovodíkového řetězce ovlivňuje hodnoty těchto teplot.
- Otázka č. 6 také nebyla pro žáky jednoduchá. 30 % z nich určilo chybně produkty dokonalého spalování butanu. Všechny 4 nabízené varianty obsahovaly dvojici produktů, které by eventuálně mohly přijít v úvahu. Odpověď na otázku by však žáci měli × mohli znát již z 8. ročníku.
- Ostatní počet neúspěšných řešitelů ve zbylých 4 otázkách je zanedbatelný. U otázek č. 1 a 3 je výsledný počet neúspěšných žáků jednoznačný a bez diskuzí, neboť na tyto otázky existovala jediná správná volba z nabízených alternativ. Výsledek je přijatelný. Kdežto otázka č. 2. byla přiřazovací, a tudíž každý žák, který splnil alespoň částečně tento úkol, byl považován za úspěšného řešitele. Otázka č. 5 sice byla otevřená, ale zase bylo téměř jisté, že žáci

odpovědi zčásti správně. Odpověď si žádala zdůvodnění, proč si učitelka nepopálila ruce. Všichni až na 1 žáka si všimli, že si je učitelka před pokusem omyla vodou. Podrobnější vysvětlení však u téměř poloviny žáků chybělo. Neúplné odpovědi žáků by měly propříště inspirovat zadavatele (učitelku) k přesnější formulaci otázky.

## Závislost dosaženého počtu bodů na čase

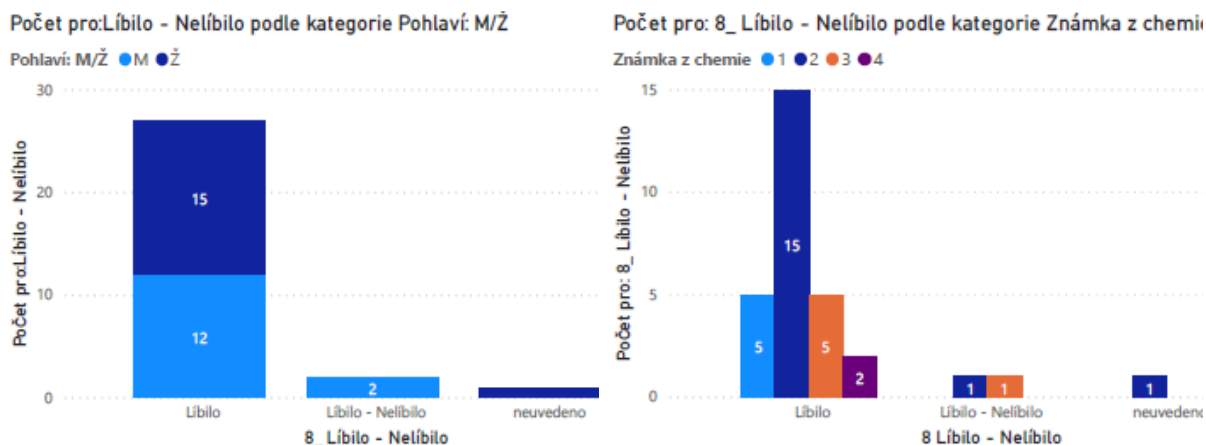


Obrázek 29: Závislost dosaženého počtu bodů žáků na čase – Hořící ruce

### Vyhodnocení:

- Většina pracovních listů byla vyplněna do 35 minut od spuštění videa, pouze dva žáci řešili úkoly pracovního listu 60 minut.
- Viditelně více jak polovina pracovních listů byla vypracována do 15 minut.
- Ne všichni jedinci, kteří pracovali více jak 15 minut, byli bodově úspěšní.
- Nejrychlejší žák patřil mezi úspěšnější řešitele.
- Výsledné dosažené body většiny řešitelů nezávisí na množství času, detailní statistický výstup je dostupný v Příloze č. 3.

## Hodnocení líbilo × nelíbilo v závislosti na pohlaví a známkách z chemie



Obrázek 30: Spokojenost s projektem Hořící ruce podle pohlaví a známek z chemie

## Vyhodnocení:

- Dívkám i chlapcům se videoprojekt převážně líbil, a to zejména dívkám dvojkařkám, protože dvojkařů se účastnilo nejvíce.
- 2 chlapci jsou nevyhranění a 1 dívka nehlasovala.
- Nikdo nezvolil, že se mu tento videoprojekt jednoznačně nelíbil, z toho lze usuzovat, že byl ještě o něco zajímavější než „Butanové divadlo“.

## 2.7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout a ověřit netradiční experimenty ve výuce přírodních věd, které by byly použitelné pro základní a střední školy. Experimenty měly být založeny zejména na využití mikrovlnného ohřevu. K danému tématu směřovala rešerše dostupných informačních zdrojů. Práce se dále zaměřovala na vytvoření pracovních listů, využívajících aktivizující metody, jejichž použitelnost měla být otestována pomocí řízeného rozhovoru.

- Výsledkem provedené rešerše je syntéza dosavadních poznatků k dané problematice, charakteristika nejdůležitějších pojmů a jevů a nastudování metodiky tvorby pracovních návodů, metodických listů pro učitele a pracovních listů pro žáky, včetně způsobů jejich aplikace. Didaktická část práce, zahrnující komplexní popis chemických pokusů ve výuce chemie z hlediska jejich klasifikace, funkce a struktury, vychází z publikace Duška *Kapitoly z didaktiky chemie* a Čtrnáctové a Halbycha *Didaktika a technika chemických pokusů*. Realizace pokusů na základní škole se musí vždy odehrávat na základě a v mezích vytyčených *Rámcovým vzdělávacím programem pro základní vzdělávání*. Nezbytností při chemických pokusech je dodržování bezpečnosti, vycházejících z velkého množství právních předpisů. Bezpečností a ochranou zdraví se zabývají zejména Holzhauser aj. a Skřehot aj. v odborných článcích v *Chemických listech*, časopisu České společnosti chemické. První pomoc při úrazech v chemické laboratoři je stručně řešena opět podle Čtrnáctové a Halbycha a dále podle Slavíka v přehledu *BOZP v chemické laboratoři TUL*. Problematika mikrovlnného ohřevu se opírá především o studijní materiály dvou členů Akademie věd České republiky – Círky, *Mikrovlnná chemie*, a Hájka, *Mikrovlny v akci*.
- Praktická část diplomové práce spočívá v návrzích 18 chemických pokusů, u některých s přesahem do dalších přírodovědných předmětů, zejména fyziky a přírodopisu. Tyto pokusy jsou realizovatelné při výuce na základních i středních školách, některé mohou zaujmout i studenty vysokých škol s přírodovědným zaměřením. Jsou uplatnitelné nejenom v tradiční hromadné výuce, ale také v nepovinných či volitelných předmětech nebo zájmových kroužcích. Směrodatným materiálem při výběru pokusů se stala publikace Šulcové a Böhmové *Netradiční experimenty v organické a praktické chemii*. Návrhy pokusů se však mimo to opírají o mnoho dalších zdrojů (publikací, článků, návodů, videí aj.) experimentálních aktivit. 15 pokusů je realizováno s využitím mikrovlnné trouby, 1 pokus slouží k přípravě GST formy do mikrovlnné trouby pro pokusy za vysokých teplot a 2 pokusy jsou motivační,



s efektem způsobeným hořením alkanů. Všechny pokusy byly osobně ověřeny v chemické laboratoři Katedry chemie TUL a zdokumentovány pomocí fotografií a videí. Do diplomové práce jsou na závěr každého pokusu vloženy vždy dvě dokládající fotografie. Ke všem pokusům jsou vypracovány podrobné pracovní návody, metodické listy pro učitele a k 6 z nich jsou dále připraveny pracovní listy pro žáky, které měly být otestovány přímo ve výuce formou „projektového dne mimo školu“. Jako velmi neobvyklý a mimořádně zdařilý nutno vyzdvihnout pokus s názvem „Mikrovlonná syntéza rubínového prášku“, provedený podle anglického návodu Leyral aj. *Microwave Synthesis of a Fluorescent Ruby Powder*. K tvorbě závěrečné podoby pracovního návodu vedlo několik ne zcela povedených testovacích pokusů. S pomocí rad konzultanta Ing. Jana Grégra se podařilo získat přesvědčivě fluoreskující rubínový prášek. Také pokusy za vysokých teplot s použitím GST formy, tj. výrobu skla a mosazi v mikrovlonné troubě, je možné považovat za úspěch. Zejména u výroby skla bylo odměnou odlití 3 drobných kousků zeleně zbarveného skla. Přestože některé z navržených pokusů lze provádět z důvodu bezpečnosti pouze jako demonstrační, případně s asistencí žáků, jsou díky své netradičnosti zajímavým doplňkem tradičního experimentování ve výuce. Z nabídky navržených pokusů s použitím mikrovlonné trouby byly vybrány 4 vhodné ke skupinovému žákovskému experimentování do projektového dne mimo školu.

- Projektový den mimo školu se z vážných epidemiologických důvodů, souvisejících s celosvětovým šířením nemoci COVID-19, nemohl od 11. března 2020 až do konce školního roku 2019/2020 uskutečnit. Výuka v tomto období byla na všech typech škol zakázána či omezena, aby se zamezilo šíření nového typu koronavirového onemocnění. Přesto je projektový den mimo školu do detailů připraven k realizaci. K jeho plánování přispěl hlavní měrou projekt Šablony II Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání na programové období 2014–2020, tematický program v gesci MŠMT. Všechny důležité informace k projektovému dnu mimo školu jsou obsaženy v dokumentu *Přehled šablon a jejich věcný výklad*. Projektový den měl být organizován osobně učitelkou chemie ZŠ Kobyly Jaroslavou Šlechtovou a odborníkem z praxe Mgr. Martinem Slavíkem, Ph.D. V rámci projektového dne měly být provedeny 4 skupinové žákovské pokusy badatelského charakteru s využitím mikrovlonné trouby, založené na aktivizujících metodách heuristických a diskuzních. Při vyplňování skupinových pracovních listů měli žáci kromě úkolů vyplývajících z vlastního experimentování a pozorování také zodpovídat otázky a vypracovávat úkoly založené na dosavadních znalostech a zkušenostech, v případě potřeby mohli využívat školní učebnice, případně mobilní telefony. V úvodní a závěrečné části projektového dne měly být učitelkou předvedeny dva efektní demonstrační pokusy bez použití mikrovlonné trouby, k nimž měli žáci rovněž vyplnit pracovní listy, tentokrát však individuálně. Použitelnost a srozumitelnost všech pracovních listů měla být na závěr projektového dne otestována pomocí řízeného rozhovoru se žáky, který by vedla učitelka, doplňována odborníkem z praxe. Bohužel k tomuto cíli nebylo možné z výše zmíněných důvodů dospět.

- Vzhledem k nemožnosti uskutečnit projektový den mimo školu byl pro ověření použitelnosti pracovních listů narychlo vytvořen náhradní projekt pomocí nástrojů distanční výuky, která na školách od března 2020 do konce školního roku probíhala. Do tohoto distančního projektu však byly z důvodu realizovatelnosti zařazeny pouze dva pokusy z plánovaného projektového dne, a to pochopitelně bez použití mikrovlnné trouby. Jedná se o pokusy „Butanové divadlo“ a „Hořící ruce“. Tyto dva pokusy byly převedeny do formy videí, ve svých nejdůležitějších pasážích zpomaleny, spolu s 9 otázkami pracovních listů vloženy do programové aplikace Wizer.me a zpřístupněny žákům v distanční výuce prostřednictvím webové služby Google Classroom (Učebna). 7 otázek bylo bodovaných, poslední 2 otázky se týkaly hodnocení videoprojektů a případných komentářů, námětů na vylepšení a uvedení toho, co se žákům líbilo či nelíbilo. Toto byl jediný způsob, jak získat od žáků odezvu na oba videoprojekty včetně pracovních listů, který nahradil metodu řízeného rozhovoru při testování použitelnosti původně připravených pracovních listů. Jako doplňující zdroj hodnocení distančního projektu posloužil rovněž názor učitelky chemie ZŠ Lesní Liberec, RNDr. Evy Bielikové, která ho žákům 9. ročníku zadávala. Výhrada se týkala nedostatečného přiblížení záběru na kádinku s přeléváním plynem (butanem), což mohlo vést žáky k chybě při určování jeho skupenství. Dále bylo z rozhovoru s RNDr. Bielikovou zjištěno, že se ve svých předmětech, tj. chemie a fyzika, zaměřuje velkou měrou na praktickou stránku výuky, spočívající v časté realizaci demonstračních i žákovských experimentů, a mezipředmětové vztahy. Testovaným souborem byli žáci 9. A a 9. B ZŠ Lesní Liberec. Z předpokládaného počtu 45 žáků (24 z 9. A a 21 z 9. B) se zapojilo 30 žáků (20 z 9. A a 10 z 9. B). Nízkou účast žáků 9. B vysvětlila RNDr. Bieliková tím, že v době zadávání distančního projektu byla výuka v této třídě již ukončena, a tudíž se její žáci zapojili pouze dobrovolně. Výsledky a vyhodnocení distančního projektu neovlivňovaly výslednou známku žáků z chemie. Nutno zdůraznit, že vzhledem k malé velikosti testovaného souboru nelze považovat získané výsledky za natolik relevantní, aby z nich bylo možno generalizovat. K tomu by bylo zapotřebí získat větší množství dat. S určitou rezervou je však možné na základě vyhodnocení výsledků pracovních listů konstatovat závěry, které by zřejmě platily i pro větší počet testovaných žáků.

  - Dobrovolnost pravděpodobně vede k nižší účasti v jakékoliv aktivitě. Přesto lze celkovou účast 66,7 % z plánovaného počtu žáků považovat na konci školního roku za úspěch. Dívky se do distančního projektu zapojilo o trochu více než chlapců, přestože je chlapců v obou třídách dohromady o 3 více než dívek. Pochválit je třeba dívky z 9. A, které se projektu zúčastnily v plném počtu. Největší podíl všech řešitelů tvořili dvojkaři (56,7 %), poté trojkaři (20 %), jedničkaři (8,3 %) a zbytek (2 žáci) byli čtyřkaři. Většina jedničkařů a dvojkařů byla z 9. A., převažovaly dívky.
  - Celková úspěšnost žáků v obou videoprojektech se pohybuje v pásmu lepšího průměru. Vzhledem k převaze jedničkařů a dvojkařů se očekával výsledek příznivější. Zdůvodnění

spočívá zřejmě v tom, že učivo týkající se alkanů bylo v rámci distanční výuky vysvětleno žákům, podle informací RNDr. Bielikové, týden před vyplňováním pracovních listů.

- Zpravidla se potvrzuje zhoršování celkových výsledků od jedničkařů k trojkařům, i když u videoprojektu „Hořící ruce“ předstihli dvojkaři celkovými průměrnými výsledky jedničkaře. Trojkaři potvrdili svoje schopnosti, neboť jejich průměrné výsledky odpovídaly očekávání. Čtyřkařů bylo velmi málo, ale z jejich překvapivě vysokých průměrných výsledků v jednotlivých otázkách a velmi krátké doby na splnění úkolů pracovních listů lze usuzovat, že mohli využít například pomoc někoho z rodiny či spolužáků. Ale jedná se pouze o nepotvrzenou domněnku.
  - Největší obtíže činí téměř všem žákům odpovědi na otevřené otázky, což se projevilo u vyplňování obou pracovních listů. Problém spočívá obvykle ve vytvoření přesné formulace odpovědi, i když určitou nepřesnou představu o daném jevu často žáci mají. Zde si již nelze vystačit s pouhou znalostí faktů nebo pozorováním jevů, je třeba uplatnit myšlenkové procesy a finálně je převést do smysluplné odpovědi. Také uzavřené otázky s volbou více správných alternativ nejsou pro žáky vždy jednoduché, neboť o některých odpovědích nejsou žáci jednoznačně přesvědčeni, nebo je neznají. Podobně získávali žáci pouze částečné bodové zisky také u přiřazovacích otázek.
  - Výsledné dosažené bodové zisky nezávisí na množství potřebného času, který se u obou pracovních listů pohyboval od jednotek minut až do 1 hodiny, průměrně 30–35 minut. K určení přesnější ne/závislosti by bylo nutné zajistit mnohem větší množství dat.
  - Distanční projekt se zúčastněným žákům až na výjimky líbil, názory a náměty na vylepšení nepřišly od žáků žádné.
- Celkové výsledky distančního projektu ukazují, že distanční výuka má svá úskalí a rezervy. Zvláště v předmětech přírodovědného charakteru je zapotřebí výklad učiva často doplnit názornými ukázkami, pozorované jevy dovysvětlit, prodiskutovat, žáky různými aktivizujícími metodami nabádat k řešení daného problému či situace a dovést je nenásilnou a přirozenou formou k vytvoření vlastní hypotézy či názoru. Rovněž lze předpokládat, že výsledné známky z chemie a jiných předmětů v distanční výuce neodpovídají zcela reálným schopnostem a dovednostem žáků a že jsou tedy lepší než v klasické výuce. Tento názor zastává i učitelka chemie ZŠ Lesní Liberec. Za příznivějšími výslednými známkami žáků se může skrývat pomoc rodičů, starších sourozenců, kamarádů či jiných blízkých osob, nebo důsledný dohled rodičů a z toho vyplývající pečlivější práce dětí. Jelikož videopokusy zařazené do distančního projektu jsou svojí povahou v běžné výuce přírodních věd výjimečné, stejně tak k nim vytvořené pracovní listy, lze celý projekt pokládat za netradiční a ojedinělý. Z drobných chyb, které se při jeho přípravě vyskytly a které se odhalily až po následné realizaci, je nutno se propříště poučit. Využívání nástrojů distančního vzdělávání se po zkušenostech posledních měsíců výuky na základních školách může stát jednou z významných a neoddělitelných forem vzdělávání blízké budoucnosti.

### 3 Seznam použitých zdrojů

- [1] Balónek v mikrovlnce. *CenTal: UHK – CENTRUM TALENTŮ – M&F&I* [online]. c2009—2011 [vid. 2020-07-06]. Dostupné z: [http://black-hole.cz/cental/wp-content/uploads/2012/10/Pracovni\\_listy\\_pro\\_domaci\\_exp.pdf](http://black-hole.cz/cental/wp-content/uploads/2012/10/Pracovni_listy_pro_domaci_exp.pdf)
- [2] BENEŠ, Pavel, Jiří BANÝR a Václav PUMPR. *Základy chemie: pro 2. stupeň základní školy, nižší ročníky víceletých gymnázií a střední školy*. 3. vyd. Praha: Fortuna, 2001. ISBN 80-7168-748-0.
- [3] BENEŠ, Pavel, Václav PUMPR a Jiří BANÝR. *Základy praktické chemie 1: pro 8. ročník základní školy*. 2. vyd. Ilustroval Ludvík BÁČA, ilustrovala Miroslava JAKEŠOVÁ. Praha: Fortuna, 2006. ISBN 80-7168-879-7.
- [4] BENEŠ, Pavel, Václav PUMPR a Jiří BANÝR. *Základy praktické chemie 2: pro 9. ročník základní školy*. 2. vyd. Praha: Fortuna, 2003. ISBN 80-7168-880-0.
- [5] CÍRKVA, Vladimír, Jiří SOBEK a Hana ŽABOVÁ. *Mikrovlňná Chemie: Obecný úvod*. Ústav chemických procesů AV ČR, v. v. i. Praha, 2019.
- [6] ČESKÁ ŠKOLA. *Badatelna – 2. díl: Co nedávat do mikrovlnky. A proč vlastně?* [online]. 2013 [vid. 2020-07-09]. Dostupné z: <http://www.ceskaskola.cz/2013/06/badatelna-2-co-nedavat-do-mikrovlnky.html>
- [7] ČTRNÁCTOVÁ, Hana a Josef HALBYCH. *Didaktika a technika chemických pokusů*. 3. přeprac. vyd. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1192-9.
- [8] DUŠEK, Bohuslav. *Kapitoly z didaktiky chemie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2000. ISBN 80-7080-409-2.
- [9] *The Easiest Way to Dry Flowers in a Microwave – ACTIVA Products* [online]. [vid. 2019-10-14]. Dostupné z: <https://activaproducts.com/blogs/tips-tricks/the-easiest-way-to-dry-flowers-in-a-microwave>
- [10] Elektromagnetické vlnění. *Gymnázium Brno, Křenová, příspěvková organizace* [online]. Brno: Gymnázium Brno, Křenová [vid. 2020-07-02]. Dostupné z: [https://www.gymkren.cz/text\\_old/Fyzika/f24.pdf](https://www.gymkren.cz/text_old/Fyzika/f24.pdf)
- [11] Esterifikace. *STUDIUMCHEMIE: Portál PřF UK pro podporu výuky chemie na SŠ a ZŠ* [online]. Praha: Katedra učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, c2009–2020 [vid. 2020-06-30]. Dostupné z: <https://studiumchemie.cz/experiment/esterifikace/>
- [12] FRŇKOVÁ, Zuzana. *Kulinářská fyzika* [online]. Olomouc, 2011 [vid. 2020-07-01]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/q7wb2l/>. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce RNDr. Renata Holubová, CSc.
- [13] Fyzika v mikrovlnné troubě. *KMD při SOŠ a Gymnáziu, Liberec* [online]. Liberec, 2014 [vid. 2020-07-01]. Dostupné z: <http://kmdsosag.wikifoundry.com/page/Fyzika+v+mikrovlnn%C3%A9+troub%C4%9B>
- [14] HÁJEK, 2006, Milan. *Mikrovlny v akci* [online]. Ústav chemických procesů AV ČR, v. v. i. Praha, 2006 [vid. 2020-06-19]. Dostupné z: [http://www.icpf.cas.cz/cs/system/files/pub/UHP/PET/mikrovlny\\_v\\_akci.pdf](http://www.icpf.cas.cz/cs/system/files/pub/UHP/PET/mikrovlny_v_akci.pdf). Studijní materiál.

- [15] HOLUBOVÁ, Renata. *Kulinářská fyzika* [online]. Olomouc, 2012 [vid. 2020-07-01]. Dostupné z: [https://www.gcajkol.cz/data-projekty/03-fyzika-na-scene\\_files/22-kulinfyz.pdf](https://www.gcajkol.cz/data-projekty/03-fyzika-na-scene_files/22-kulinfyz.pdf). Fyzika na scéně – exploratorium pro žáky základních a středních škol. Gymnázium Olomouc.
- [16] HOLZHAUSER, Petr, Petra MÉNOVÁ a Radek MATUŠKA. Použití chemických látek ve výuce a při volnočasových aktivitách žáků. *Chemické listy* [online]. Praha: Česká společnost chemická, 2019, 31. 5. 2019, 17(3), 87–119 [vid. 2020-06-24]. ISSN 2336-7210. Dostupné z: <http://www.ccsss.cz/index.php/ccsss/issue/download/22/34>
- [17] Hořlavé ruce. *STUDIUMCHEMIE: Portál PŘF UK pro podporu výuky chemie na SŠ a ZŠ* [online]. Praha: Katedra učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, c2009–2020 [vid. 2020-07-02]. Dostupné z: <https://studiumchemie.cz/experiment/horlave-ruce/>
- [18] How to dry flowers in a microwave. *Resin Obsession* [online]. 14. leden 2015 [vid. 2019-10-14]. Dostupné z: <https://www.resinobsession.com/resin-resin-resin/how-to-dry-flowers-in-a-microwave/>
- [19] Chemie a technologie sloučenin dusíku [online]. Učební text. Katedra environmentální chemie a technologie FŽP UJEP. Nedatováno [vid. 2020-07-01]. Dostupné z: [http://fzp.ujep.cz/ktv/uc\\_texty/pt1/Chemie\\_a\\_tecnologie\\_sloucenin\\_dusiku.pdf](http://fzp.ujep.cz/ktv/uc_texty/pt1/Chemie_a_tecnologie_sloucenin_dusiku.pdf)
- [20] JESENÁK, Karol. Čo je to utajený var? *Prírodovedecká fakulta Univerzita Komenského v Bratislave* [online]. 2009 [vid. 2020-07-06]. Dostupné z: [https://fns.uniba.sk/fileadmin/prif/chem/kag/Zam-Jesenak/clanky/pdf/19.\\_Co\\_je\\_to\\_utajeny\\_var.pdf](https://fns.uniba.sk/fileadmin/prif/chem/kag/Zam-Jesenak/clanky/pdf/19._Co_je_to_utajeny_var.pdf)
- [21] KOHOUT, Jiří. Plazma v mikrovlnné troubě. *Souhrnný sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky: Veletrh 13, Plzeň 2008* [online]. Plzeň, 2008 [vid. 2020-07-01]. Dostupné z: <https://vnuf.cz/sbornik/prispevky/13-13-Kohout.html>
- [22] KUNDRACIK, František. *Fyzikálne pokusy v mikrovlnke* [online]. 2018 [vid. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=vfbXwIGsH1k>
- [23] LEYRAL, Géraldine, Laurent BERNAUD, Alain MANTEGHETTI a Jean-Sébastien FILHOL. Microwave Synthesis of a Fluorescent Ruby Powder. *Journal of Chemical Education* [online]. 2013, 90(10), 1380–1383 [vid. 2017-07-31]. ISSN 0021-9584, 1938-1328. Dostupné z: doi:10.1021/ed3008389
- [24] LIŠKOVÁ, Marcela. *Syntézy za neklasických podmínek - E-Learningový kurs* [online]. Brno, 2008 [vid. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/k3hzp>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Pavel Pazdera.
- [25] Magnetron. *FyzWeb: Články* [online]. Praha: Katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha, 23. 9. 2007 [vid. 2020-06-29]. Dostupné z: [http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=44aid\\_casti=19](http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=44aid_casti=19)
- [26] MAHER, Katherine. Elektromagnetické vlny. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 17. 5. 2018 [vid. 2020-06-28]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9\\_vlny](https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_vlny)
- [27] MAŇÁK, Josef a Vlastimil ŠVEC. *Výukové metody*. Brno: Paido, 2003. ISBN 80-7315-039-5.
- [28] *Measure the speed of light using chocolate* [online]. [vid. 2019-10-14]. Dostupné z: <http://www.planet-science.com/categories/over-11s/physics-is-fun!/2012/01/measure-the-speed-of-light-using-chocolate.aspx>

- [29] Microsoft Power BI. [software]. Dostupné z: <https://powerbi.microsoft.com/cs-cz/get-started/>
- [30] Mikrovlnka jako domácí plazmový reaktor. *FYZMATIK* [online]. 13. 4. 2017 [vid. 2020-07-01]. Dostupné z: <http://fyzmatik.pise.cz/1846-mikrovlnka-jako-domaci-plazmovy-reaktor.html>
- [31] Nafukování balónku v mikrovlnce. *FYZMATIK* [online]. 8. 6. 2008 [vid. 2020-07-01]. Dostupné z: <http://fyzmatik.pise.cz/488-nafukovani-balonku-v-mikrovlnce.html>
- [32] *Národní ústav odborného vzdělávání: Jaký je rozdíl mezi dálkovým a distančním studiem?* [online]. Praha, c2008 NÚOV [vid. 2020-06-23]. Dostupné z: <http://www.nuov.cz/jaky-je-rozdil-mezi-dalkovym-a-vecernim-studiem>
- [33] *Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání: O programu* [online]. Praha, c2017 [vid. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://opvvv.msmt.cz/o-programu>
- [34] Pokus s propan-butanem. *STUDIUMCHEMIE: Portál PřF UK pro podporu výuky chemie na SŠ a ZŠ* [online]. Praha: Katedra učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, c2009–2020 [vid. 2020-07-01]. Dostupné z: <https://studiumchemie.cz/experiment/pokus-s-propan-butanem/>
- [35] Přehled šablon a jejich věcný výklad: Programové období 2014–2020. *Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy: Operační program výzkum, vývoj a vzdělávání* [online]. Praha, c2013 – 2020 MŠMT, 28. 2. 2018 [vid. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://opvvv.msmt.cz/download/file1859.pdf>
- [36] Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. *Národní ústav pro vzdělávání: Aktuálně platný RVP ZV* [online]. Praha, c2011–2019, 2017 [vid. 2019-11-10]. Dostupné z: [http://www.nuv.cz/uploads/RVP\\_ZV\\_2017.pdf](http://www.nuv.cz/uploads/RVP_ZV_2017.pdf)
- [37] REICHL, Jaroslav. Vazby v krystalech. *Encyklopedie fyziky* [online]. c2006–2020a [vid. 2020-07-01]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/628-vazby-v-krystalech>
- [38] REICHL, Jaroslav. Vedení elektrického proudu. *Encyklopedie fyziky* [online]. c2006–2020b [vid. 2020-07-01]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/245-vedeni-elektrického-proudu>
- [39] RUSEK, Martin a Petr ŠMEJKAL. *Hořící methan a propan-butan a nebo také o spásné vodě*. Návod k badatelské výuce. Projekt Společenství praxe, Pedagogická a přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, 2018 [vid. 2020-07-01].
- [40] SKŘEHOT, Petr A. a Marcela SKŘEHOTOVÁ. Nové standardy pro zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v laboratořích. *Soudní inženýrství*, 2019, 30(1), 28–35. DOI: <http://dx.doi.org/10.13164/SI.2019.1.28>. ISSN 1211-443X.
- [41] SKŘEHOT, Petr A., Jakub MAREK, Marcela SKŘEHOTOVÁ, František HOUSER a Ján PILA. Výuka chemie: Požadavky na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví žáků při používání nebezpečných chemických látek během praktické výuky chemie. *Chemické listy* [online]. Praha: Česká společnost chemická, 2016, 15. 12. 2016, 110(12), 947–952 [vid. 2020-06-24]. ISSN 0009-2770. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/131/131>
- [42] SLAVÍK, Martin. *BOZP v chemické laboratoři TUL* [online]. Liberec, 2011 [vid. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/secret/1oMeijWk8c8Kq2>. Prezentace. Technická univerzita v Liberci, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická, Katedra chemie.

- [43] Stanovení rychlosti světla v mikrovlnné troubě. *Ústav chemických procesů AV ČR, v. v. i.* [online]. Praha: Ústav chemických procesů AV ČR, c2010–2016 [vid. 2020-07-01]. Dostupné z: <http://www.icpf.cas.cz/cs/rychlost-svetla-mikrovlnka>
- [44] SYPO, Projekt. Wizer.me: Snadná tvorba interaktivních materiálů a testů [online]. Video. [vid. 2020-07-01]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=ee4jBcDBPWs>
- [45] Šablony II MŠ/ZŠ/ŠD/ŠK/ZUŠ/SVČ dokumenty a vzory: Záznam realizace z projektového dne mimo školu – vzor. *Národní institut pro další vzdělávání* [online]. Praha, c2020 NIDV [vid. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://projekty.nidv.cz/strategicke-rizeni/296-sablony/sablony-ii/1319-sablony-ii-ms-zs-sd-sk-zus-svc>
- [46] ŠLECHTOVÁ, Jaroslava. *Pohybová aktivita žáků druhého stupně Základní školy Kobyly*. Liberec, 2017. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická. Vedoucí práce Mgr. Radim Antoš.
- [47] ŠULCOVÁ, Renata a Hana BÖHMOVÁ. *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie: Přírodní materiály, neobvyklé uspořádání a pomůcky* [online]. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, 2007 [vid. 2020-06-19]. ISBN 978-80-86561-81-3. Dostupné z: [http://rena.sulcova.web.cz/netradicni\\_experimenty/Netradicni\\_experimenty.pdf](http://rena.sulcova.web.cz/netradicni_experimenty/Netradicni_experimenty.pdf)
- [48] ŠVEJDA, Matěj. *Netradiční chemické pokusy* [online]. Liberec, 2008 [vid. 2020-07-01]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/6158995-Technicka-univerzita-v-liberci-fakulta-pedagogicka.html>. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta pedagogická. Vedoucí práce PhDr. Bořivoj Jodas, Ph.D.
- [49] TRÁVNÍČKOVÁ, Zdeňka. Nařízení (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci a označování látek a směsí = nařízení CLP [online]. Praha: *Státní zdravotní ústav*, 19. 2. 2020 [vid. 2020-06-24]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/navrh-narizeni-ghs-o-klasifikaci-a-oznacovani-latek-a-smesi-1>
- [50] TriloByte Statistical Software. QC Expert 3.3 [software]. Dostupné z: <http://www.trilobyte.cz/Nase-Produkty/QC-Expert.html>
- [51] Utajený var. *FYZMATIK* [online]. 19. 8. 2008 [vid. 2020-07-01]. Dostupné z: <http://fyzmatik.pise.cz/570-utajeny-var.html>
- [52] Vitouchová, Veronika. Heinrich Rudolf Hertz. *Informace* [online]. 2013, č. 4 [vid. 2020-06-24]. ISSN 1805-2800. Dostupné z: [https://www.lib.cas.cz/casopis\\_informace/heinrich-rudolf-hertz/](https://www.lib.cas.cz/casopis_informace/heinrich-rudolf-hertz/)
- [53] VRBA, Jan. Úvod do mikrovlnné techniky. 2. přeprac. vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03670-9.
- [54] Výzva č. 02\_18\_063 - Šablony II - mimo hlavní město Praha: Anotace výzvy. *Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání: Výzvy* [online]. Praha, c2017, 28. 2. 2017 [vid. 2020-06-29]. Dostupné z: <https://opvvv.msmt.cz/vyzva/vyzva-c-02-18-063-sablony-ii-mimo-hlavni-mesto-praha-verze-1/text-vyzvy.htm>

## 4 Seznam příloh

### **Příloha č. 1 Pracovní návody a metodické listy k experimentům:**

- 1) Mikrovlnná výroba mýdla;
- 2) Mikrovlnná esterifikace kyseliny octové ethanolem;
- 3) Alobal v mikrovlnné troubě;
- 4) Důkaz nehomogenity mikrovlnného pole a stanovení rychlosti světla pomocí mikrovln;
- 5) Sušení květin v mikrovlnné troubě;
- 6) Žárovka v mikrovlnné troubě;
- 7) Tuha v mikrovlnné troubě;
- 8) Nafukovací balónek v mikrovlnné troubě;
- 9) Utajený var;
- 10) Výroba GST formy do mikrovlnné trouby;
- 11) Výroba skla v mikrovlnné troubě;
- 12) Výroba mosazi v mikrovlnné troubě.

### **Příloha č. 2 Anonymizovaná data testů**

### **Příloha č. 3 Statistické vyhodnocení testů**



## Mikrovlnná výroba mýdla

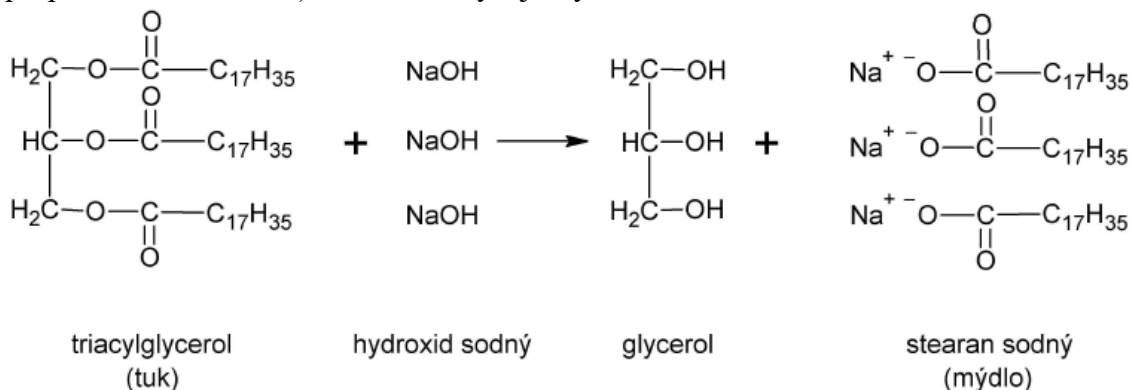
### PRACOVNÍ NÁVOD

#### ✓ ÚKOL:

Pokuste se v mikrovlnné troubě vyrobit mýdlo.

#### ✿ TEORIE:

Zásaditou hydrolyzou triacylglycerolů vznikají sodné a draselné soli vyšších mastných kyselin (např. palmitová, stearová), které se nazývají mýdla.



(Šulcová a Böhmová, 2007, s. 87)

Běžnou surovinou pro výrobu mýdel je živočišný lůj. Lůj se vaří s roztokem hydroxidu sodného. Vzniklé mýdlo se oddělí z roztoku „vysolováním“ roztokem chloridu sodného (více rozpustný chlorid sodný vytěsňuje z roztoku méně rozpustné mýdlo, které vytvoří slupku na povrchu směsi). Takto vzniklé mýdlo se dále čistí a upravuje. Vedlejším produktem výroby je glycerol. Mýdla patří do skupiny látek označovaných jako detergenty. Detergenty snižují povrchové napětí kapalin, čímž usnadňují smáčení povrchů různých materiálů, a tím pádem uvolnění nečistot z povrchu látek (Beneš aj., 2001, s. 65; Beneš aj., 2003, s. 56).

#### 🏠 CHEMIKÁLIE:

Vepřové sádlo, pevný hydroxid sodný, chlorid sodný, destilovaná voda.

#### 🔨 POMŮCKY:

Mikrovlnná trouba, laboratorní váha, kádinka (100 ml), kádinka (600 ml), skleněná tyčinka, plastová lžička, hodinové sklo, odpařovací miska, univerzální indikátorový papírek, zkumavka se zátkou, ochranný oděv, ochranné rukavice, ochranné brýle nebo obličejový štít.

#### 📄 POSTUP:

Do malé kádinky odměřte 20 cm<sup>3</sup> destilované vody a v ní rozpustíte 6 g NaOH. Rozpouštění usnadněte mícháním pomocí skleněné tyčinky. Dále navažte 13,5 g vepřového sádla a umístěte ho na dno větší kádinky. Tu vložte do MT a zapněte ji na 90 s na maximální výkon (800 W). Do roztaveného tuku přilijte 10 cm<sup>3</sup> roztoku NaOH a kádinku zakryjte hodinovým sklem vhodné velikosti. Kádinku opět vložte do MT a zahřívejte 3 minuty při polovičním výkonu (400 W). Poté dolijte odpařenou vodu zbylými 10 cm<sup>3</sup> roztoku NaOH, směs promíchejte skleněnou tyčinkou a opět zahřívejte další 3 minuty na poloviční výkon (400 W). Po ukončení reakce přilijte

další vodu (asi do  $\frac{1}{4}$  kádinky) a nechte mírně zchladnout. Přidejte asi 1,5 g NaCl a opět promíchejte skleněnou tyčinkou. Vrstvu mýdla (bílé sraženiny), která se vytvoří, oddělte lžičkou od kapalné vrstvy a vložte do odpařovací misky. Pomocí indikátorového papírku zjistěte pH.

*Přítomnost mýdla zjistěte následující zkouškou:*

Do zkumavky odeberte skleněnou tyčinkou vzorek bílé sraženiny (např. ze stěny kádinky) a přelijte ho asi do poloviny zkumavky horkou vodou. Zkumavku zazátkujte a protřepejte. Přítomnost mýdla dokazuje vznik pěny. Pokud ještě ke zmýdelnění nedošlo, vznikají v roztoku mastné tukové kapičky.

Vzhledem k přítomnosti nezreagovaného hydroxidu má mýdlo vysoké pH (asi 12). S přibývajícím dnem se pH snižuje, tzn. mýdlo „dozrává“, až na hodnotu pH kolem 8–9 přibližně po třech týdnech. Pro zlepšení kvality mýdla se k mýdlové hmotě mohou přidat vonné esence, včelí vosk či med aj. (Šulcová a Böhmová, 2007, s. 86–87).

## Mikrovlnná výroba mýdla

### METODICKÝ LIST



#### TYP POKUSU:

Demonstrační – prováděný učitelem s účastí nebo bez účasti žáků, ze strany učitele dokládající (ilustrující) × ze strany žáků zjišťující, neboť žák nemá žádné předchozí zkušenosti s průběhem ani výsledkem pokusu.



#### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI POKUSU:

Hromadná frontální výuka v odborné učebně nebo v chemické laboratoři, příp. v rámci nepovinného nebo volitelného předmětu či zájmového kroužku.



#### DIDAKTICKÁ METODA:

Při realizaci pokusu metoda názorně-demonstrační (předvádění × pozorování), částečně pro žáky dovednostně-praktická (pomoc při laborování – asistence, odměřování, navažování, míchání, manipulace s předměty atp.), doprovázená metodou práce s textem – pracovním návodem. V průběhu a po provedení pokusu metoda slovní – monologická (vysvětlování) i dialogická (rozhovor, diskuze), včetně metody řízeného rozhovoru (návodné otázky pedagoga × názory a odpovědi žáků).



#### ZAŘAZENÍ DO RVP ZV:

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
Chemie	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Žák určí společné a rozdílné vlastnosti látek.
		Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovost.
	Směsi	Žák rozlišuje směsi a chemické látky.
		Žák vypočítá složení roztoků, připraví prakticky roztok daného složení.
		Žák vysvětlí základní faktory ovlivňující rozpouštění pevných látek.
	Chemické reakce – neutralizace	Žák rozliší výchozí látky a produkty chemických reakcí, uvede příklady prakticky důležitých chemických reakcí, provede jejich klasifikaci a zhodnotí jejich využívání.
	Anorganické sloučeniny – hydroxidy	Žák porovná vlastnosti a použití vybraných prakticky významných hydroxidů a posoudí vliv významných zástupců těchto látek na životní prostředí.
		Žák se orientuje na stupnici pH, změří reakci roztoku univerzálním indikátorem a uvede příklady uplatňování neutralizace v praxi.
		Žák rozliší vybrané deriváty uhlovodíků, uvede jejich zdroje, vlastnosti a použití.

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
	Organické sloučeniny – deriváty uhlovodíků, přírodní látky	Žák uvede příklady zdrojů tuků.
	Chemie a společnost	Žák se orientuje v přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka.



## NEBEZPEČNOST POKUSU:

Nízká při dodržování bezpečnostních pravidel a postupu. Žáci základní školy by ale neměli pracovat s pevným hydroxidem sodným, protože jeho používání není dovolené.

Identifikace nebezpečnosti	
Chemikálie	H-věty
Hydroxid sodný	H290 Může být korozivní pro kovy.
	H314 Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.
Chlorid sodný	Nejedná se o nebezpečnou látku.



## ČASOVÁ DOTACE:

Asi 10 minut příprava chemikálií na vlastní průběh pokusu v MT, 20–30 minut na vlastní realizaci pokusu včetně důkazu přítomnosti mýdla a zjištění jeho pH a průběžného vysvětlování jevů.



## POZOROVÁNÍ A VÝSLEDKY:

Po přilítí první poloviny roztoku NaOH do roztaveného tuku a po 3 minutách zahřátí této směsi při polovičním výkonu MT se začíná objevovat bílá sraženina vznikajícího mýdla. Po přilítí druhé poloviny roztoku NaOH a dalších 3 minutách při polovičním výkonu je směs v kádince pokryta ne ještě zcela souvislou vrstvou sraženiny mýdla a také na stěnách kádinky i spodní straně hodinového skla ulpívají bílé částičky sraženiny. Po přidání NaCl a zamíchání směsi v kádince dojde k lepšímu oddělení horní vrstvy vysráženého mýdla od spodní kapalné fáze, která obsahuje po rozkladu tuku vzniklý glycerol, nezreagovaný NaOH a přidaný NaCl. Vysrážená vrstva mýdla je výrazně kompaktnější a bělejší. Po jejím následném oddělení do odpařovací misky jsou vidět jasné známky skutečného mýdla, které lze posoudit i dotekem, zejména po úplném vychladnutí a ztuhnutí. Důkaz mýdla je ověřen vytvořením pěny, která vzniká protřepáním malého vzorku sraženiny s horkou vodou. Zkoumáním pH mýdla je zjištěna jeho silná zásaditost, což je dáno přítomností většího množství nezreagovaného NaOH (Šulcová a Böhmová, 2007, s. 87).



## PŘÍKLADY OTÁZEK PRO ŽÁKY:

- 1) Vysvětli, co mají mýdla společného s tuky? Co jsou tuky a co jsou mýdla?
- 2) Popiš stručně proces zmýdelnění.
- 3) Při zmýdelnění dochází také k neutralizaci. Vysvětli tento pojem a urči látky, které při ní reagují při zmýdelnění.
- 4) Jaké znáš druhy mýdel, v čem se liší?
- 5) Mýdla patří mezi tzv. detergenty. Vysvětli tento pojem. Jak se liší mýdla od jiných detergentů?
- 6) V čem spočívá čistící účinek mýdel či jiných detergentů?

## ± HODNOCENÍ POKUSU:

Tento pokus nepatří z hlediska jeho přípravy a provedení, ale ani časového mezi náročné pokusy. Jeho realizace v mikrovlnné troubě je navíc jednodušší a bezpečnější než na plotýnce vařiče (rychlejší, eliminující příp. prskání za zavřenými dvířky MT). Pokud by žáci mohli pracovat s hydroxidem sodným, jistě by patřil mezi pokusy vhodné do laboratorních cvičení k žákovskému experimentování. Uplatňovat by se mohl zejména jako individuální pokus, a to většinou z důvodu přítomnosti pouze jedné mikrovlnné trouby v chemické laboratoři.



**Obrázek 31: Mýdlo v den výroby a po 14 dnech**  
*Foto autorka*

# Mikrovlnná esterifikace kys. octové ethanolem

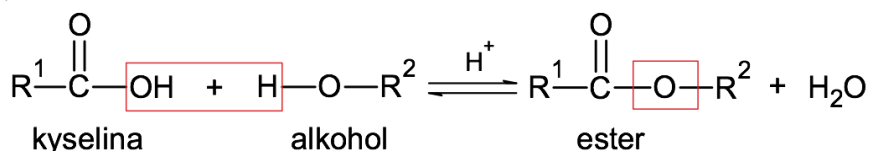
## PRACOVNÍ NÁVOD

### ✓ ÚKOL:

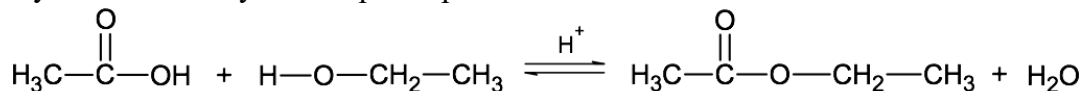
Pokuste se v mikrovlnné troubě připravit ethylacetát neboli ethylester kyseliny octové.

### ✿ TEORIE:

Esterifikace je chemická reakce karboxylových (organických) kyselin s alkoholy, při které vzniká ester a voda. Reakce je zvrtná, a proto má-li být posunuta ve prospěch vznikajícího esteru, je nutno z reakční směsi průběžně odstraňovat vodu za použití vhodného katalyzátoru. Tím je obvykle silná minerální kyselina, nejčastěji  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , která jako dehydratační činidlo odnímá vznikající vodu, čímž posouvá rovnováhu směrem doprava, tj. k produktům. Estery jsou tedy funkční deriváty karboxylových kyselin, těkavé látky charakteristického zápachu (vůně, např. ovoce, květiny, rum,...). Některé se používají v potravinářství jako vonné esence (Esterifikace, 2020).



Ethylacetát se připravuje esterifikací kyseliny octové ethanolem za přítomnosti katalyzátoru, tj. kyseliny sírové. Vzniklý ester zapáchá po odlakovači.



### 🏠 CHEMIKÁLIE:

Ethanol, kyselina octová, koncentrovaná kyselina sírová, studená voda.

### 🔧 POMŮCKY:

Mikrovlnná trouba, 2 zkumavky, stojánek na zkumavky, odměrný válec (10 ml), 2 kapátka, 2 Petriho misky, ochranný oděv, ochranné rukavice, ochranné brýle nebo obličejový štít.

### 📄 POSTUP:

V malém odměrném válci naměřte asi 0,5 ml ethanolu a přelijte do zkumavky zasazené do stojánku na zkumavky. Kapátkem přidejte 6 kapek kyseliny octové a 3 kapky koncentrované kyseliny sírové. Výkon mikrovlnné trouby nastavte na 50 % (400 W) a časomíru na 45 s. Mikrovlnnou troubu zapněte. Pokud byste chtěli dokázat, že bez katalyzátoru ester nevznikne, můžete postavit do stojánku vedle stávající zkumavky ještě srovnávací zkumavku se shodnými reaktanty, ale bez přídavku kyseliny sírové. Po skončení zahřívání v mikrovlnné troubě můžete porovnat výsledné látky v obou zkumavkách, a to zejména pomocí čichu. Pro zintenzivnění typického zápachu vzniklého esteru ve zkumavce s katalyzátorem vylijte obsah zkumavky do studené vody na Petriho misce. Ester kondenzuje na hladině vody.

# Mikrovlánná esterifikace kys. octové ethanolem

## METODICKÝ LIST



### TYP POKUSU:

Demonstrační – prováděný učitelem s účastí nebo bez účasti žáků, ze strany učitele dokládající (ilustrující), efektní (zápach výsledného produktu) × ze strany žáků ověřující – potvrzující, tzn. žák potvrdí pokusem hypotézu, kterou na základě svých dosavadních znalostí vytvoří.



### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI POKUSU:

Hromadná frontální výuka v odborné učebně nebo v chemické laboratoři, příp. v rámci nepovinného nebo volitelného předmětu či zájmového kroužku (např. porovnání jeho realizace v mikrovlánné troubě a nad plamenem kahanu).



### DIDAKTICKÁ METODA:

Při realizaci pokusu metoda názorně-demonstrační (předvádění × pozorování). V průběhu a po provedení pokusu metoda slovní – monologická (vysvětlování) i dialogická (rozhovor, diskuze), včetně metody řízeného rozhovoru (návodné otázky pedagoga × názory a odpovědi žáků).



### ZAŘAZENÍ DO RVP ZV:

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
Chemie	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Žák určí společné a rozdílné vlastnosti látek. Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovost.
	Chemické reakce – esterifikace	Žák rozliší výchozí látky a produkty chemických reakcí, uvede příklady prakticky důležitých chemických reakcí, provede jejich klasifikaci a zhodnotí jejich využívání.
	Organické sloučeniny – deriváty uhlovodíků (karboxylové kyseliny, alkoholy, estery)	Žák rozliší vybrané deriváty uhlovodíků, uvede jejich zdroje, vlastnosti a použití.
	Chemie a společnost	Žák se orientuje v přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka.



### NEBEZPEČNOST POKUSU:

Nízká při dodržování bezpečnostních pravidel a postupu. Žáci základní školy by ale neměli pracovat s kyselinou sírovou, ani s ethanolem a kyselinou octovou, protože jejich používání není žádnou právní úpravou dovolené.

Identifikace nebezpečnosti	
Chemikálie	H-věty
Ethanol	H225 Vysoce hořlavá kapalina a páry.
	H319 Způsobuje vážné podráždění očí.
Kyselina octová	H226 Hořlavá kapalina a páry.
	H314 Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.
Kyselina sírová 96%	H314 Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.
Ethylacetát	H225 Vysoce hořlavá kapalina a páry.
	H319 Způsobuje vážné podráždění očí.
	H336 Může způsobit ospalost a závratě.
	EUH006 Opakovaná expozice může způsobit vysušení nebo popraskání kůže.

### ČASOVÁ DOTACE:

Asi 10 minut příprava reaktantů do zkumavek a 5 minut vlastní provedení reakce a následné vyhodnocení produktů.

### POZOROVÁNÍ A VÝSLEDKY:

Po doběhnutí naprogramované doby zahřívání a vyjmutí stojanu s jednou, příp. dvěma zkumavkami z mikrovlnné trouby, by měl být ze zkumavky, která obsahovala přídavek katalyzátoru, cítit typický zápach vzniklého esteru – ethylacetátu. Po jeho vylití do studené vody na Petriho misce by se měla na hladině vytvořit slabá vysrážená vrstvička esteru s ještě výraznějším zápachem. Obsah zkumavky bez přídavku katalyzátoru lze pro srovnání též vylít do studené vody na druhé Petriho misce. Vzhledem k tomu, že žádný ester nevznikl, nemůže se vytvořit jeho vrstvička na hladině, ani nebude cítit typický zápach esteru po odlakovači. Z toho plyne, že kyselá katalýza esterifikace je nutná, ať už se jedná o esterifikaci nad plamenem kahanu, nebo o esterifikaci v mikrovlnné troubě.

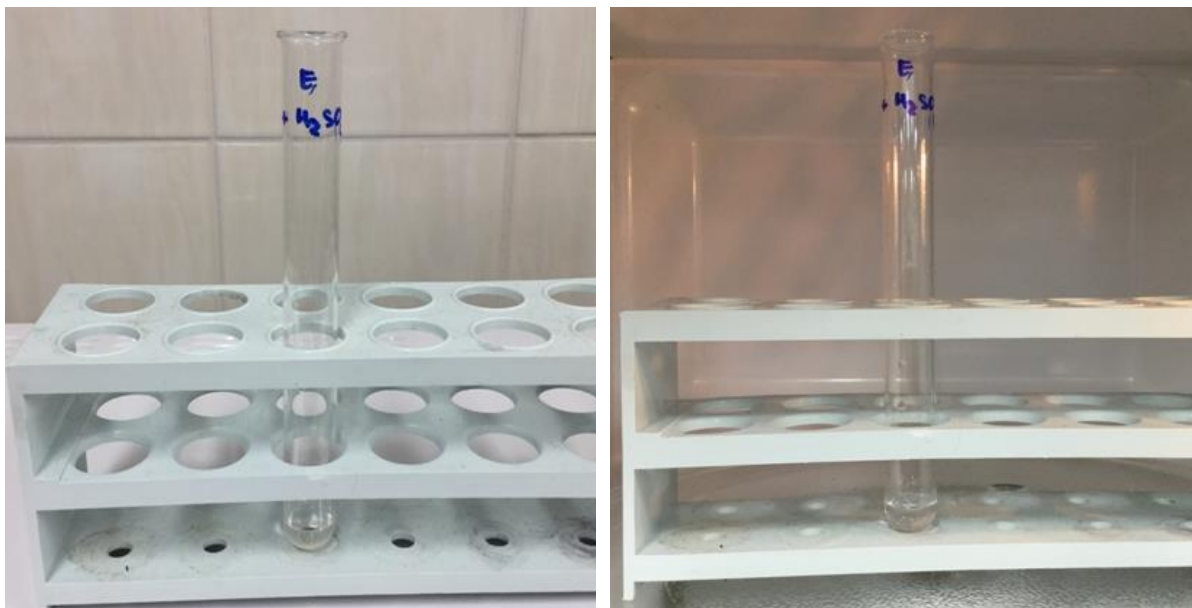
### ? PŘÍKLADY OTÁZEK PRO ŽÁKY:

- 1) Vysvětli pojem esterifikace.
- 2) Jakou funkci má kyselina sírová při esterifikaci?
- 3) Co jsou estery? Kde je lze najít?
- 4) Uveď některé vlastnosti esterů (zápach, rozpustnost v ... aj.) a příklad jejich využití.
- 5) Existuje nějaký vztah mezi tuky a estery?

### ± HODNOCENÍ POKUSU:

Tento pokus lze zařadit mezi jednoduché a časově nenáročné pokusy, se zajímavým čichovým efektem výsledného produktu reakce. O vhodnosti jeho zařazení do výuky není pochyb. Výhody jeho realizace v mikrovlnné troubě oproti provádění nad plamenem kahanu jsou např. vyšší rychlost reakce, odstranění rizika ohrožení učitele a žáků vystříknutím reakční směsi ze zkumavky nebo prasknutím zkumavky při zahřívání nad plamenem. Pokud by žáci mohli pracovat se všemi reaktanty, jistě by patřil mezi pokusy vhodné do laboratorních cvičení k žákovskému experimentování.





**Obrázek 32: Esterifikace před a po**  
*Foto autorka*

## Alobal v mikrovlnné troubě

### PRACOVNÍ NÁVOD

#### ÚKOL:

Vytvořte z alobalu různé tvary a zkoumejte jejich chování v mikrovlnné troubě.

#### TEORIE:

Alobal je hliníková fólie. Její název vznikl spojením chemické značky kovového prvku hliníku „Al“ a slova „obal“. Jedná se o velice tvárný materiál, často využívaný v domácnosti, jehož tloušťka se pohybuje okolo 15  $\mu\text{m}$ . Jeho chování v mikrovlnné troubě se odvíjí od toho, jaký má tvar a hmotnost. Hliník vede dobře teplo a elektrický proud. Je tvořen krystalovou mřížkou, která tyto jeho vlastnosti předurčuje. Krystalová mřížka kovů je tvořena kationty daného kovu, které se nacházejí v uzlových bodech, a delokalizovanými elektrony, tvořící tzv. „elektronový plyn“. Elektrony jsou k atomovému jádru vázány velmi slabě, a proto se snadno uvolňují. Jsou tudíž téměř volné a pohybují se chaotickým pohybem. Jako celek drží hmota kovu pohromadě v důsledku elektrostatických sil mezi těmito elektrony a kationty. Volný pohyb elektronů způsobuje dobrou elektrickou a tepelnou vodivost kovu. Při působení mikrovlnného záření na kovové materiály dochází ke zvýšenému pohybu delokalizovaných elektronů, k excitaci elektronového plynu v tenké kovové vrstvě a tím ke vzniku elektronových proudů. Jelikož však vodivost nebývá dostačující k odvedení velkého množství energie, dojde k jiskrovému vybíjení, což lze sledovat přes mřížku dvířek MT.

(Reichl, 2020a; Reichl, 2020b; Šulcová a Böhmová, 2007, s. 76–77)

#### CHEMIKÁLIE:

Kohoutková voda.

#### POMŮCKY:

Mikrovlnná trouba, tenký alobal, keramická žáruvzdorná destička (obkladačka 15 cm  $\times$  15 cm nebo i větší), ochranné brýle.

#### POSTUP:

Vkládejte postupně do mikrovlnné trouby různé tvary z alobalu na žáruvzdornou destičku položenou na otočném skleněném talíři, zapněte MT vždy na několik sekund při plném výkonu (800 W) a pozorujte dění v MT.

- Smačkejte 30–50 cm fólie o šířce 30 cm do tvaru koule o průměru 3–5 cm (nemusí být na povrchu dokonale hladká) a vložte ji na 1 minutu do MT.
- Vystříhněte z alobalu čtvereček o straně 5 cm a vložte ho na 30 s do MT.
- Vystříhněte z alobalu 3 proužky 10 cm dlouhé a 1 cm široké a vkládejte je postupně do MT asi na 5–10 s různě ztvarované: smotaný do prstýnku x do spirálky x do spirálky s výstupky (hroty).
- Utrhněte menší nepravidelný kousek alobalu, lehce ho zmuchlejte a vložte ho na 30 s do MT: nejdříve samostatně na žáruvzdornou destičku x poté ještě vedle něho postavte malou kádinku s vodou x nakonec ponořte zmuchlaný kousek do kádinky s vodou.

## Alobal v mikrovlnné troubě

### METODICKÝ LIST



#### TYP POKUSU:

Buď demonstrační – prováděný učitelem s účastí nebo bez účasti žáků, nebo žákovský skupinový (i párový) či individuální, ze strany učitele dokládající (ilustrující) × ze strany žáků ověřující – potvrzující, příp. odporující, tzn. žák pokusem potvrdí nebo vyvrátí hypotézu, kterou na základě svých dosavadních znalostí vytvoří.



#### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI POKUSU:

Hromadná frontální výuka ve třídě nebo v odborné učebně v případě demonstračního pokusu, příp. v rámci nepovinného nebo volitelného předmětu × individuální, párová nebo skupinová výuka v rámci laboratorního cvičení (chemického i fyzikálního) nebo zájmové kroužku.



#### DIDAKTICKÁ METODA:

Při realizaci pokusu učitelem metoda názorně-demonstrační (předvádění × pozorování). V průběhu a po provedení pokusu metoda slovní – monologická (vysvětlování) i dialogická (rozhovor, diskuze), včetně metody řízeného rozhovoru (návodné otázky pedagoga × názory a odpovědi žáků). Při provádění pokusu žáky aktivizující metoda heuristická – žáci buď individuálně, v párech nebo malých skupinách řeší úkol výzkumného charakteru zadaný v pracovním návodu, tzn. uplatňuje se metoda práce s textem, pozorují a objevují, též metoda tvořivého učení – hledání alternativ a zvažování důsledků, zároveň metoda dovednostně-praktická – vyřešení úkolu závisí na manipulaci s předměty a materiálem (alobalem) a experimentování žáků, dále aktivizující metoda diskuzní – diskuze v malých pracovních skupinách, ale také v rámci celé třídy.



#### ZAŘAZENÍ DO RVP ZV:

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
Fyzika	Látky a tělesa	Žák uvede konkrétní příklady jevů dokazujících, že se částice látek neustále pohybují a vzájemně na sebe působí.
	Energie	Žák využívá poznatky o vzájemných přeměnách různých forem energie a jejich přenosu při řešení konkrétních problémů a úloh.
	Elektromagnetické a světelné děje	Rozliší vodič, izolant a polovodič na základě analýzy jejich vlastností.
Chemie	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovost.
	Částicové složení látek a chemické prvky	Žák používá pojmy atom a molekula ve správných souvislostech. Žák se orientuje v periodické soustavě chemických prvků, rozpozná vybrané kovy a nekovy a usuzuje na jejich možné vlastnosti.
	Chemické reakce	Žák rozliší výchozí látky a produkty chemických reakcí.

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
		Žák aplikuje poznatky o faktorech ovlivňujících průběh chemických reakcí v praxi a při předcházení jejich nebezpečnému průběhu.
	Chemie a společnost	Žák se orientuje v přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka.



## NEBEZPEČNOST POKUSU:

Nízká při dodržování bezpečnostních pravidel a pracovního postupu. Pokus se provádí s hliníkovou fólií a nikoliv s práškovým hliníkem, který je popsán níže. Spálením hliníku vzniká oxid hlinitý, jehož nebezpečnost je nízká.

Identifikace nebezpečnosti	
Chemikálie	H-věty
Oxid hlinitý	H335 Může způsobit podráždění dýchacích cest.
Práškový hliník	H261 Při styku s vodou uvolňuje hořlavé plyny.
	H250 Při styku se vzduchem se samovolně vznítí.



## ČASOVÁ DOTACE:

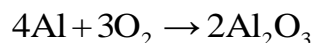
Asi 30 minut – příprava různých tvarů z alobalu a vyzkoušení jednotlivých pokusů.



## POZOROVÁNÍ A VYSVĚTLENÍ:

Pokud je hliníková fólie dostatečně silná a hmotná a tvar tělesa z ní zformovaný je bez ostrých hran a hrotů, mikrovlny se od jeho povrchu pouze odrážejí, podobně jako se odrážejí od stěn MT. Ovšem pokud je vrstva tenká, nebo má vytvořené těleso hrany a hroty, dochází k přetavování materiálu elektrickým proudem a těleso jiskří a hoří (oxiduje se). Na povrchu nejdříve vzniká tenká vrstva  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , která chrání těleso do hloubky a brání další oxidaci. Hliník se však v MT oxiduje velice rychle a vrstva vytvořeného  $\text{Al}_2\text{O}_3$  se dále narušuje. Oxidace jde proto do hloubky. Hliník hoří modrým plamenem a vzniká z něho bílý prášek.

Hoření hliníku probíhá podle chemické rovnice:



## ? PŘÍKLADY OTÁZEK PRO ŽÁKY:

- 1) Co je alobal a jaké jsou jeho vlastnosti? × Co je celofán?
- 2) Co je elektronový plyn?
- 3) Čím je způsobena vodivost kovů? Vysvětli princip.
- 4) Co se děje při působení mikrovlnného záření na kovové materiály?
- 5) Chovají se všechny kovy v MT stejně? Uveď konkrétní příklady.

## ± HODNOCENÍ POKUSU:

Pokus je z pohledu učitele zábavný, neobvyklý a takový by mohl být i pro žáka, dále objevný, v některých částech efektní, nabízí prostor pro individuální tvořivost. Je nenáročný na pomůcky a nevyžaduje žádné chemikálie, proto je z tohoto hlediska bezpečný. Svým fyzikálně-chemickým charakterem vhodný do obou předmětů – fyziky i chemie. Pokud při něm dochází k oxidaci hliníku na oxid hlinitý, je jednoduchým příkladem chemických přeměn.



**Obrázek 33: Pokusy s alobalem**

*Foto autorka*

# Důkaz nehomogenity mikrovlnného pole a stanovení rychlosti světla pomocí mikrovln

## PRACOVNÍ NÁVOD

Zpracováno podle Šulcové a Böhmové (2007, s. 75–76), Frňkové (2011, s. 28–30), Holubové (2012, s. 12–16) a Measure the speed of light using chocolate (2012).

### ✓ ÚKOL:

Dokažte nehomogenitu mikrovlnného pole uvnitř mikrovlnné trouby a následně stanovte rychlost světla pomocí mikrovln s využitím výsledků předchozího dokazování.

### ✿ TEORIE:

Intenzita mikrovlnného záření není ve všech místech uvnitř mikrovlnné trouby stejná. Mikrovlnné záření je elektromagnetické vlnění se stále stejnou frekvencí, které se odráží od stěn mikrovlnné trouby. Mikrovlny se následkem toho skládají, a proto v místech se stejnou polaritou vznikají maxima a v místech s opačnou polaritou minima. V prostoru trouby se tedy vytváří stabilní rozložení maxim a minim. V místech maxim dochází k nejintenzivnějšímu uvolňování energie a v místech minim se téměř žádná energie neuvolňuje. Nerovnoměrnému ohřívání zabráňuje v mikrovlnné troubě skleněný otočný talíř a rozptylovač mikrovln, který odklání mikrovlny různými směry, čímž se maxima a minima tvoří na různých místech. Nežádoucích extrémů lze však využít pro přibližný výpočet rychlosti světla. Jelikož světlo je také druhem elektromagnetického vlnění, šíří se stejnou rychlostí podobně jako mikrovlny. Vzorec pro výpočet rychlosti světla má tvar:

$$c = \lambda \cdot f,$$

kde  $c$  je rychlost světla v metrech za sekundu,  $\lambda$  vlnová délka mikrovln v metrech a  $f$  frekvence mikrovln v Hertzích.

### 📦 CHEMIKÁLIE:

Tabulka tmavé čokolády, toastový chléb, voda.

### 🔨 POMŮCKY:

Mikrovlnná trouba, nízká plastová miska vhodná do MT, filtrační papír, termocitlivý papír (např. účtenka z obchodu), stříčka na vodu, pravítko, kalkulačka, ochranné brýle.

### 📄 POSTUP:

K důkazu nerovnoměrnosti intenzity mikrovlnného záření uvnitř MT a z toho plynoucí nehomogenity mikrovlnného pole lze využít pouze jeden z navržených způsobů, např.:

#### 1. S čokoládou

Vyjměte z mikrovlnné trouby skleněný otočný talíř i s otočným vodícím kroužkem a na jeho místo položte nízkou plastovou misku, vhodnou do mikrovlnné trouby, dnem vzhůru (nesmí se dotýkat otočného mechanismu). Na ní položte tabulku tmavé čokolády (třeba i staršího data výroby) tak, aby na ní byla čokoláda položena delší stranou rovnoběžně s delší hranou MT. Poté MT nastavte na plný výkon a na časomíře naprogramujte 1 minutu. MT zapněte a asi po 15 sekundách troubu průběžně vypínejte, aby se čokoláda neroztavila. Žádoucí je

pouze poroztavení na místech s největší intenzitou mikrovlnného záření. Po dosažení očekávaného efektu misku s čokoládou vyjměte z MT a změřte pravítkem vzdálenost mezi dvěma uzly (dvě kmitny se na čokoládě neobjeví). Měla by odpovídat zhruba 6 cm.

## 2. **S toastovým chlebem**

Vyjměte z mikrovlnné trouby skleněný otočný talíř i s otočným vodícím kroužkem a otočný talíř položte dnem vzhůru. Na talíř umístěte 6 plátků toastového chleba těsně vedle sebe ve dvou řadách rovnoběžných s delší hranou MT. Na časomíře nastavte 1 minutu při plném výkonu MT. Nebude-li po uplynutí této doby na chlebu nic znát, přidejte další minutu, případně ještě jednu. Dění v MT pozorně sledujte. V momentě ucítění zápachu pálicího se chleba MT ihned vypněte. Na několika plátcích vysušeného chleba uvidíte černé spálené skvrny. Změřte pravítkem vzdálenost mezi dvěma uzly, příp. mezi dvěma maximy, bude-li to možné. Měla by být opět asi 6 cm.

## 3. **S termocitlivým papírem**

Vyjměte z mikrovlnné trouby skleněný otočný talíř i s otočným vodícím kroužkem a na jeho místo položte nízkou plastovou misku, vhodnou do mikrovlnné trouby, dnem vzhůru (nesmí se dotýkat otočného mechanismu). Na ní položte filtrační papír, který dostatečně namočte vodou pomocí stříčky. Na něj položte účtenku tiskem dolů a delší stranou rovnoběžně s delší hranou MT. MT zapněte na maximální výkon asi na 10 až 15 sekund, příp. přidejte několik sekund, dokud účtenka nezačne na některých místech černat. Pečlivě hlídejte průběh zahřívání, aby účtenka během chvilky nezčernala skoro celá. Po vytažení misky s účtenkou změřte vzdálenost maxim, příp. minim. Opět by měla být kolem 6 cm.

Vzhledem k tomu, že naměřená vzdálenost se rovná polovině vlnové délky mikrovln MT, tj.  $\lambda/2$ , spočítáte vlnovou délku  $\lambda$  jako její dvojnásobek. Ze známé frekvence  $f$  mikrovln v Hertzech, kterou naleznete buď v návodu k MT nebo na štítku na zadní straně MT, a z vlnové délky  $\lambda$  v metrech vypočítáte rychlost světla pomocí vzorce:

$$c = \lambda \cdot f$$

Výslednou hodnotu porovnejte s přesnou hodnotou rychlosti světla, tj.  $c = 299\,792\,458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , a zdůvodněte odchylky.

# Důkaz nehomogenity mikrovlnného pole a stanovení rychlosti světla pomocí mikrovln

## METODICKÝ LIST



### TYP POKUSU:

Buď demonstrační – prováděný učitelem, nebo žákovský skupinový (i párový), méně často individuální, ze strany učitele dokládající (ilustrující, dokazující) × ze strany žáků zjišťující, tzn. žák pravděpodobně neví, co se stane, příp. ověřující – pokud si žák na základě svých znalostí předem vytvořil hypotézu, kterou se snaží potvrdit nebo vyvrátit.



### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI POKUSU:

Hromadná frontální výuka ve třídě nebo v odborné učebně v případě demonstračního pokusu, příp. v rámci nepovinného nebo volitelného předmětu × spíše párová nebo skupinová výuka v rámci laboratorního cvičení (spíše fyzikálního) nebo zájmové kroužku.



### DIDAKTICKÁ METODA:

Při realizaci pokusu učitelem metoda názorně-demonstrační (předvádění × pozorování), v průběhu a po provedení pokusu metoda slovní – monologická (vysvětlování) i dialogická (rozhovor, diskuze), včetně metody řízeného rozhovoru (návodné otázky pedagoga × názory a odpovědi žáků). Při provádění pokusu žáky aktivizující metoda heuristická – žáci nejlépe v párech nebo malých skupinách řeší úkol výzkumného charakteru zadaný v pracovním návodu, volí alternativy (zkoumaný materiál), pozorují jevy a objevují zákonitosti, metoda dovednostně-praktická – vyřešení úkolu závisí na manipulaci s materiálem (čokoláda, toustový chléb, termocitlivý papír aj.), experimentování žáků, dále měření (vlnová délka) a počítání (využití kalkulatoru pro výpočet rychlosti světla), aktivizující metoda diskuzní – diskuze v malých pracovních skupinách, ale také v rámci celé třídy. Jak v případě demonstračního tak žákovského pokusu lze uplatnit metodu práce s textem a zdroji informací – žáci pozorně čtou pracovní návod, vyhledávají a zpracovávají informace (vzorec pro výpočet rychlosti světla, hodnotu rychlosti světla ve vakuu, frekvence mikrovln MT) a porovnávají vypočítanou hodnotu rychlosti světla s udávanou hodnotou zjištěnou v tabulkách nebo na internetu.



### ZAŘAZENÍ DO RVP ZV:

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
Chemie	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovost.
	Chemické reakce	Žák aplikuje poznatky o faktorech ovlivňujících průběh chemických reakcí v praxi a při předcházení jejich nebezpečnému průběhu.
Fyzika	Energie	Žák využívá poznatky o vzájemných přeměnách různých forem energie a jejich přenosu při řešení konkrétních problémů a úloh.
	Elektromagnetické a světelné děje	Žák využívá zákona o přímočarém šíření světla ve stejnorodém optickém prostředí.





## NEBEZPEČNOST POKUSU:

Pokus není při dodržování bezpečnosti práce s MT a postupu nebezpečný. Jediné možné riziko vyplývá z překročení doby zahřívání zkoumaných materiálů a vzniku nepříjemného kouře jejich spálením. Přehřátím MT by mohlo dojít k poškození magnetronu, čemuž by však měla zabránit tepelná pojistka. K pokusu nejsou použity žádné nebezpečné chemikálie, ale pouze běžné potraviny.



## ČASOVÁ DOTACE:

Příprava, provedení a zkoumání každého způsobu z navržených důkazů nehomogenity mikrovlnného pole obnáší asi 10 minut. Výpočet rychlosti světla, porovnání výsledku s přesně udávanou hodnotou a zhodnocení průběhu pokusu činí maximálně 10 minut.



## POZOROVÁNÍ A VÝSLEDKY:

- ad 1. Tabulka čokolády se v MT roztaví asi během 1 minuty pouze na jednom viditelném místě. Díky většímu obsahu tuku se také hned nepřipaluje a více se taví jen na místech kmíten vlnění.
- ad 2. Zhruba po 3 minutách se na několika plátcích toastového chleba objeví černé spálené skvrny. Nejsilnější se nachází v levém zadním rohu MT, o něco slabší v levé přední části MT a nejslabší na pravé straně uprostřed. V MT se při vypalování skvrn tvoří hustý zápachající dým, který po otevření MT uniká do místnosti. Tento způsob důkazu je proto dost nepřijemný.
- ad 3. Termocitlivý papír (účtenka) začal po několika málo sekundách černat, až se na jeho šířku vytvořily dva tmavé pásy a jeden větší tmavý kruh. Tato metoda je velmi rychlá, a to na průběh i sledování, ale v případě zaváhání může papír během pár sekund celý zčernat.

Ve všech třech případech na daném materiálu vzniknou místa s větší intenzitou mikrovlnného záření a naopak s nízkou intenzitou. V MT se využívá záření o frekvenci 2450 MHz, jenž odpovídá rezonanční frekvenci některých nesymetrických molekul, zejména vody. Mikrovlny se odrážejí od stěn trouby a vytvářejí tzv. stojaté vlnění. Potraviny většinou obsahují velké množství vody, a proto se v MT snadno ohřejí. Čokoláda i toastový chléb se bez otočného talíře budou více ohřívát na místech kmíten vlnění, tj. tam, kde je intenzita vlnění nejsilnější (Stanovení rychlosti světla, 2016).

Podobně tomu bude i na termocitlivém papíru, položeném na vlhkém filtračním papíru lícem dolů. Voda na filtračním papíru se v místech s větší intenzitou mikrovlnného záření ohřívá rychleji, proto se zde začne i dříve odpařovat a horká vodní pára způsobí zčernání termocitlivého papíru. Změřením vzdálenosti středů dvou nejbližších viditelných maxim (kmíten) nebo minim (uzlů) se získá polovina vlnové délky elektromagnetického vlnění, která se pohybuje kolem 6 cm. Měření je ale trochu nepřesné, protože středy kmíten nebo uzly jsou určovány jen přibližně. Je-li však všeobecně známá hodnota, která se má naměřit, pak se tomu výsledek vždy přizpůsobí. Naměřená hodnota 6 cm se poté vynásobí dvěma a výsledkem je vlnová délka vlnění ( $\lambda = 0,12 \text{ m}$ ). Z návodu k mikrovlnné troubě nebo ze štítku nalepeném vzadu na MT se zjistí frekvence mikrovln, která u MT činí obvykle 2450 MHz ( $f = 2450 \cdot 10^6 \text{ Hz}$ ). Dosazením do vzorce pro výpočet rychlosti světla se vypočítá přibližná hodnota rychlosti světla a porovná se s přesnou rychlostí světla ve vakuu, která se rovná  $299\,792\,458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

$$c = \lambda \cdot f$$

$$c = 0,12 \text{ m} \cdot 2450 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

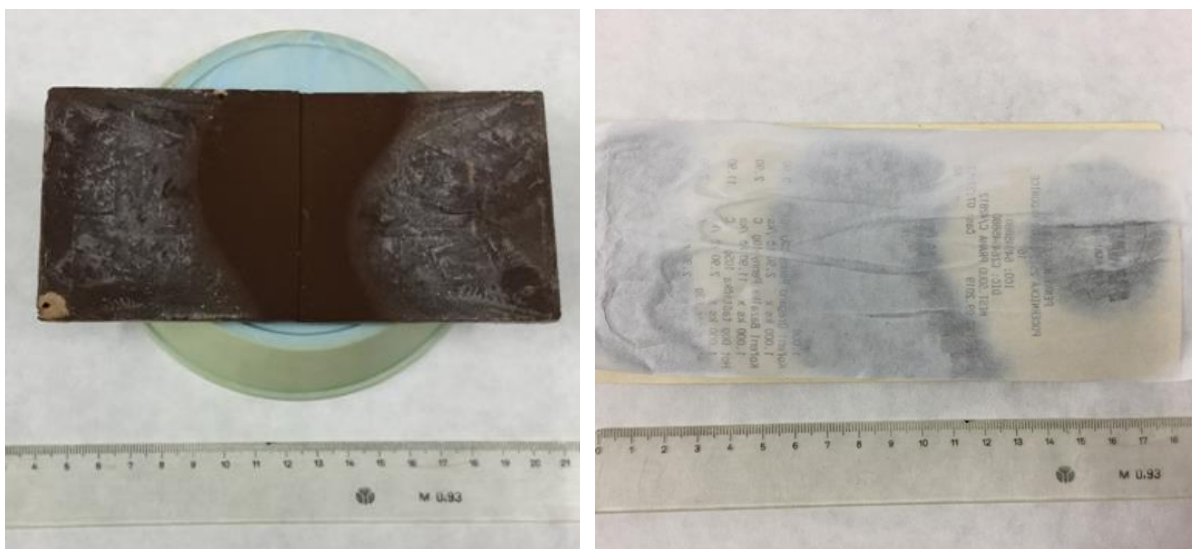
$$c = \underline{294 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

## ? PŘÍKLADY OTÁZEK A ÚKOLŮ PRO ŽÁKY:

- 1) Na základě provedení pokusu vysvětlíte, proč se uvnitř MT otáčí skleněný talíř.
- 2) Je teplota uvnitř MT za jejího chodu ve všech místech stejná? Zdůvodněte.
- 3) Proč lze vypočítat rychlost světla právě z vlnové délky mikrovlnného záření? Jaká fyzikální veličina musí být ještě k výpočtu známa? Kde ji lze zjistit?
- 4) Jaký vzorec je třeba použít pro výpočet rychlosti světla? V jakých jednotkách musí být dosazované veličiny a jaká je potom výsledná jednotka rychlosti světla?
- 5) Lze nehomogenity mikrovlnného pole nějak v praxi využít?

## ± HODNOCENÍ POKUSU:

Pokus je vzhledem ke svému badatelskému charakteru a možnosti uplatnění více alternativ použitého materiálu při jeho realizaci vhodný spíše do laboratorních cvičení nebo zájmového kroužku, kde by mohli pracovat pod dohledem učitele zejména sami žáci. Jeho přínosem je zejména zjištění, jak jednoduše lze vypočítat rychlost světla při použití mikrovlnné trouby, což by zřejmě nikoho spontánně nenapadlo. Zároveň se při něm žákům nabízí příležitost otestovat v mikrovlnné troubě chování různých materiálů, kterou doma z bezpečnostních důvodů a obav (požár, zničení MT), ale i jiných důvodů (zbytečné znehodnocení toastového chleba, zápach v místnosti, očouzení MT, nesouhlas rodičů) nemají, nebo nechtějí riskovat.



**Obrázek 34: Důkaz nehomogenity mikrovlnného pole**

*Foto autorka*

## Sušení květin v mikrovlnné troubě

### PRACOVNÍ NÁVOD

Zpracováno podle How to dry flowers in a microwave (2015) a The Easiest Way to Dry Flowers in a Microwave (nedatováno).

#### ÚKOL:

Pokuste se v mikrovlnné troubě usušit květiny dvěma různými způsoby a pomocí nich zjistěte, kolik vody je v nich obsaženo.

#### TEORIE:

Voda je polární sloučenina, která mikrovlnné záření absorbuje a jejíž molekuly jsou proto intenzivně rozkmitávány a ohřívány. Vzhledem k tomu, že rostliny obvykle obsahují větší množství vody (60–90 %), bude sušení v MT též probíhat velice rychle a efektivně. Pokud se k sušení květin využívá silikagelu, je pohlcování vlhkosti ještě účinnější. Silikagel je granulovitá forma oxidu křemičitého ( $\text{SiO}_2$ ) s vysokou porozitou, která umožňuje snadno adsorbovat vodu a tím fungovat jako pohlcovač vlhkosti.

Procentuálního hmotnostní úbytek vody v jednotlivých vzorcích je možno zjistit dosazením do vzorce:

$$p = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{m} \cdot 100,$$

kde  $p$  je počet procent,  $m(\text{H}_2\text{O})$  hmotnost vody ztracené vysušením a  $m$  hmotnost vzorku před sušením. Obě hodnoty hmotnosti musí být dosazeny ve stejných hmotnostních jednotkách. Tímto výpočtem lze zjistit, kolik vody je v rostlinných vzorcích přibližně obsaženo.

#### CHEMIKÁLIE:

Silikagel, voda.

#### POMŮCKY:

Květy (příp. listy či celé rostlinky), mikrovlnná trouba, laboratorní váha, několik listů kancelářského papíru, role papírového ručníku, nůžky, plastová nádoba do mikrovlnné trouby, sklenice na vodu (2–3 dl), obkladačka (15 cm × 15 cm nebo i větší) nebo jiná těžší nádoba vhodná do MT na zatížení, teplovzdorná podložka, ochranné rukavice nebo chňapka, ochranné brýle.

#### POSTUP:

Nejprve si dokonale připravte rostlinný materiál určený k sušení, na laboratorní váze zjistěte hmotnost jednotlivých kusů a zaznamenejte si ji. Po usušení opět запиšte jejich hmotnost. Na závěr experimentování vypočítejte procentuální hmotnostní úbytek vody v každém vzorku a také celkový průměrný úbytek pro veškerý usušený materiál dohromady.

K sušení květin, příp. listů i celých rostlinek v MT lze uplatnit minimálně dva způsoby, a to:

##### 1. **Bez silikagelu** (spíše pro menší květy nebo listy)

Květy podobné velikosti a tvaru umístěte lícem dolů na jednu polovinu listu kancelářského papíru, který poté přeložte v půlce na vrchní část květů. To celé ještě vložte do přeloženého papírového ručníku. Vše položte na skleněný otočný talíř v MT a zatížte, např. obkladačkou

nebo jinou těžší nádobou vhodnou do MT. MT nastavte na plný výkon na 60–90 s podle velikosti květů. Pokud po vyjmutí z MT bude květ ještě částečně mokrá, přidejte 15–30 s, raději opakovaně. Kdyby se doba sušení přehnala, mohlo by dojít ke spálení květů.

## 2. Se silikagelem

Vezměte nějakou plastovou nádobu vhodnou do MT nejméně 5 cm vysokou a nasypete do ní 2,5–3 cm vrstvu silikagelu. Nádoba musí svojí velikostí a hloubkou odpovídat velikosti a tvaru květů. Květy položte na silikagel lícem nahoru a opatrně je zasypte další vrstvou silikagelu. Květy nemusí být gelem zcela zahrnuté, ale gel by měl zakrývat zejména střed květů. Při zasypávání dávejte pozor, aby se květy nerozlámaly. Nádobu vložte bez víka do MT a do zadní části MT ještě postavte sklenici vody. MT nastavte na poloviční výkon (400 W) a časovač na několik minut podle velikosti květů:

1–2 minuty → malé květy (např. macešky, vřes);

2–3 minuty → střední květy (např. sedmikráska, azalky);

3–4 minuty → velké husté květy (např. růže, pivoňky, hortenzie, chryzantémy).

Květy ale nesmí zůstat v MT příliš dlouho, jinak ztratí barvu! Po uplynutí dané doby vyjměte nádobu pomocí ochranných rukavic nebo chňapky z MT. Postupujte opatrně, gel je velmi horký. Nádobu položte na teplovzdornou podložku a celý obsah nechte vychladnout. Pokud potom nejsou květiny zcela vysušené, opět je zasypte silikagelem a pokračujte v sušení další 1–2 minuty, nebo postup opakujte až do úplného vysušení květů. V zadní části MT nechte stále postavenou sklenici s vodou. Silikagel lze opětovně použít podle pokynů na balení.

## Sušení květin v mikrovlnné troubě

### METODICKÝ LIST



#### TYP POKUSU:

Žákovský – zjišťující, praktický, užitečný.



#### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI POKUSU:

Individuální, párová nebo skupinová výuka v rámci laboratorního cvičení z chemie nebo přírodopisu, volitelného předmětu, zájmové kroužku, příp. pracovních činností (vyučování) nebo individuální domácí úkol. Nejprve vhodné zařadit názornou demonstraci učitelem nebo vedoucím zájmového kroužku buď ve formě individuální výuky (ukázka jednotlivci) nebo hromadné frontální výuky (ukázka skupině žáků).



#### DIDAKTICKÁ METODA:

Při prezentaci pokusu učitelem či vedoucím kroužku metoda názorně-demonstrační (předvádění × pozorování) a metoda slovní – zejména monologická (instruktáž, vysvětlování), ale i slovní dialogická (rozhovor, diskuze). Při realizaci pokusu žáky aktivizující metoda heuristická – žáci individuálně, v párech nebo malých skupinách řeší praktické úlohy objevného charakteru zadané v pracovním návodu, tzn. uplatňuje se metoda práce s textem, volí alternativu (bez nebo s použitím silikagelu), pozorují jevy, zkoumají průběh, hodnotí a na základě toho upravují podmínky průběhu pokusu. Dále metoda dovednostně-praktická – experimentování, manipulace s materiálem (rostliny, silikagel) a předměty, dále měření (vážení rostlin před a po) a počítání (využití kalkulátoru při výpočtu množství vody v rostlinách). Též aktivizující metoda diskuzní – diskuze především v malých pracovních skupinách, a aktivizující metoda tvořivého učení (tvůrčí, produktivní činnost).



#### ZAŘAZENÍ DO RVP ZV:

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
Chemie	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovitost.
	Chemie a společnost	Žák se orientuje v přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka.
Fyzika	Látky a tělesa	Žák změří vhodně zvolenými měřidly některé důležité fyzikální veličiny charakterizující látky a tělesa.
	Energie	Žák využívá poznatky o přeměnách různých forem energie a jejich přenosu při řešení konkrétních problémů a úloh.
Přírodopis	Biologie rostlin	Žák porovná vnější a vnitřní stavbu jednotlivých orgánů a uvede praktické příklady jejich funkcí a vztahů v rostlině jako celku.
		Žák vysvětlí princip základních fyziologických procesů a jejich využití při pěstování rostlin.
Pracovní činnosti	Pěstitelské práce, chovatelství	Žák pěstuje a využívá květiny pro výzdobu.

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
	Práce s laboratorní technikou	Žák vybere a prakticky využívá vhodné pracovní postupy, přístroje, zařízení a pomůcky pro konání konkrétních pozorování, měření a experimentů.



## NEBEZPEČNOST POKUSU:

Pokus není při dodržování bezpečnosti práce s MT a postupu nebezpečný. Jediné možné riziko vyplývá z překročení doby sušení květin, při němž by mohlo dojít ke spálení použitého materiálu a vzniku nepříjemného kouře. K pokusu nejsou použity žádné nebezpečné chemikálie.

Identifikace nebezpečnosti	
Chemikálie	H-věty
Silikagel – oxid křemičitý amorfni	Látka není klasifikována jako nebezpečná podle nařízení (ES) č. 1272/2008.



## ČASOVÁ DOTACE:

Asi  $2 \times 15$  minut na přípravu a zvážení rostlinného materiálu a realizaci každého ze dvou způsobů sušení a 15 minut na výpočet procentuálních hmotnostních úbytků vody v jednotlivých vzorcích a celkový procentuální průměrný úbytek. Dohromady asi 45 minut.



## POZOROVÁNÍ A VÝSLEDKY:

- ad 1. Sušení rostlinného materiálu v zatíženém papíru je samozřejmě velice jednoduché, ale po první dávce mikrovlnného záření se nemusí ihned docílit dokonalého vysušení. Záleží na velikosti jednotlivých kusů, které by měly být v jedné sadě (várce) podobné velikosti i tvaru. Pozor je třeba dávat na přehřátí a přesušení, protože vzorky pak ihned začínají černat. Raději MT vypínat častěji v krátkých časových úsecích a kontrolovat jejich aktuální stav. U výsledných produktů je třeba počítat se zploštělým tvarem.
- ad 2. Sušení květů apod. v silikagelu je k živým surovinám šetrnější a zachovává více jejich přirozený tvar. Materiál takto usušený je vhodnější k prostorovému aranžování. Opět lze doporučit raději opakované nastavení doby sušení, protože přesušením by mohlo dojít ke ztrátě zbarvení.

Procentuálního hmotnostního úbytku vody v jednotlivých vzorcích je možno provést dosazením do vzorce:

$$p = \frac{m(H_2O)}{m} \cdot 100,$$

kde  $p$  je počet procent,  $m(H_2O)$  hmotnost vody ztracené vysušením v jednom vzorku a  $m$  hmotnost vzorku před sušením. Obě hodnoty hmotnosti musí být dosazeny ve stejných hmotnostních jednotkách.

Celkový průměrný procentuální hmotnostní úbytek vody lze pak vypočítat podle vzorce:

$$p_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_i(H_2O)}{m_c} \cdot 100,$$

kde  $p_c$  je celkový průměrný počet procent,  $m_i(H_2O)$  je součet všech hmotnostních úbytků vody ztracené vysušením v jednotlivých vzorcích a  $m_c$  celková hmotnost všech vzorků před sušením. Obě hodnoty hmotnosti musí být dosazeny ve stejných hmotnostních jednotkách.

## ? PŘÍKLADY OTÁZEK A ÚKOLŮ PRO ŽÁKY:

- 1) Vypočítejte průměrný procentuální úbytek vody v rostlinných vzorcích sušených v MT bez použití silikagelu.
- 2) Vypočítejte průměrný procentuální úbytek vody v rostlinných vzorcích sušených v MT s využitím silikagelu.
- 3) Porovnejte obě hodnoty získané z příkladu č. 1 a č. 2 a zdůvodněte případné rozdíly.
- 4) Který z obou způsobů se vám zdá efektivnější a který praktičtější? Zdůvodněte, příp. navrhněte, jaký rostlinný materiál by se hodil ke každému z nich.
- 5) Navrhněte několik možností praktického využití sušených rostlinných materiálů (květů, listů apod.).

## ± HODNOCENÍ POKUSU:

Pokus je nenáročný, zábavný, odlehčující, efektní, schopen vzbudit zájem žáků. Velkou výhodou tohoto experimentování je praktické uplatnění výsledných produktů – sušených květů (např. do herbáře, k aranžování atp.), které tímto způsobem vznikají velmi rychle. Přínosnými a zajímavými informacemi z hlediska přírodopisného bádání jsou údaje o množství vody v různých rostlinách. Z obou pohledů (praktického i badatelského) lze pokus považovat za „hravý“ a neomezený svými možnostmi, neboť pestrost a bohatost přírody nabízí nekonečnou škálu materiálů k experimentování.



**Obrázek 35. Sušení květů v mikrovlnné troubě**  
*Foto autorka*

# Žárovka v mikrovlnné troubě

## PRACOVNÍ NÁVOD

Zpracováno podle Kohouta (2008), Holubové (2012, s. 20), Fyziky v mikrovlnné troubě (2014) a dále videí: Česká škola (2013) a Kunderacik (2018).

### ☑ ÚKOL:

Zkoumejte chování žárovky (obyčejné i úsporné) v mikrovlnné troubě.

### 🌸 TEORIE:

Klasická žárovka v sobě obsahuje wolframové vlákno, které po rozžhnutí svítí. Když se žárovka vloží do MT, začne tímto wolframovým vláknem téci elektrický proud. Vlákno se rozžhne a bude velmi krátký okamžik (asi 0,5 s) normálně svítit. Potom zhasne, protože se ihned přepálí. Problém spočívá v tom, že žárovka je určena maximálně na 100 W (příkon), ale po zapnutí MT jím protéká 800 W. Po rozžhnutí se však v žárovce vytvoří ionizovaný plyn, který obsahuje kladné a záporné ionty, které se v elektrickém poli pohybují. Tento ionizovaný plyn je mikrovlnami nadále ohříván a přitom svítí fialovou barvou. Zabarvení je dáno přítomností dusíku a argonu, jejichž výboje jsou fialové. V prostoru žárovky tak dochází k efektnímu plazmovému výboji, který v tomto případě není vyvolán změnami magnetického pole, ale vzniká přímo v důsledku působení časově proměnného elektrického pole. Vlivem tohoto pole se drátek žárovky intenzivně rozžhne, dojde k emisi velkého množství elektronů, jejich následnému urychlení polem a excitaci a ionizaci molekul argonu a dusíku, jež se uvnitř žárovky nacházejí. Pokud by nedošlo včas k vypnutí MT, žárovka by se dále přehřívala, sklo by se tavilo a nakonec (asi po 30 s) by žárovka praskla.

Úsporná žárovka má vnitřní stěnu trubice pokrytou luminoforem a trubice je naplněna malým množstvím rtuti a inertním plynem. Svým účelem je již uzpůsobená k tomu, aby v ní za běžného svícení probíhal elektrický výboj. Proto se s ní po vložení do MT a zapnutí MT nebude nic mimořádného dít, bude normálně svítit. Problémem je však elektronika, která se nachází v objímce žárovky a jejíž kovové části by mohly být v MT velmi rychle zničeny. Tomu lze předejít vložением žárovky objímkou dolů do kádinky s vodou tak, aby byla ponořena celá objímka včetně elektroniky.

### 🏠 CHEMIKÁLIE:

Voda.

### 🔧 POMŮCKY:

Mikrovlnná trouba, klasická žárovka (40 W, 60 W nebo 100 W), úsporná žárovka, kádinka (250 ml), ochranné brýle, ochranné rukavice.

### 📄 POSTUP:

#### 1. S obyčejnou žárovkou

Veźměte obyčejnou žárovku a poloźte ji zhruba na střed skleněného otočného talěře. MT nastavte na maximální výkon a časovač na 15 sekund. Pečlivě v ochranných brýlích pozorujte, co se během této krátké doby bude dět. Je opravdu nutné dodrůzet nařizenou dobu, jinak dojde k přehřátí skleněné části žárovky a její následné explozi, což by způsobilo minimálně znečištění prostoru MT, příp. její poškození. Pokud žárovka nepraskne, je možné ji použít opakovaně i několikrát, ale vřdy po řádněm vychladnutí.



## 2. S úspornou žárovkou

Do větší kádinky vložte úspornou žárovku objímkou dolů a kádinku naplňte vodou tak, aby v ní žárovka byla asi z poloviny ponořená. Voda bude odčerpávat přebytečné watt, protože příkon žárovky je velmi malý (např. 20 W i méně). MT nastavte na maximální výkon a časovač na 30 sekund. MT zapněte a v ochranných brýlích pozorujte, co se bude dít.

### MODIFIKACE:

Položte obyčejnou žárovku na okraj otočného talíře a spusťte MT opět na 15 sekund při maximálním výkonu. Plazmový výboj průběžně vzniká a zaniká podle toho, kde se žárovka zrovna nachází. Tímto lze dokázat nehomogenitu elektromagnetického pole uvnitř MT a přibližně určit místa nejintenzivnějšího výboje, která odpovídají polohám kmiten (maxim) daného elektromagnetického vlnění.

## Žárovka v mikrovlnné troubě

### METODICKÝ LIST



#### TYP POKUSU:

Demonstrační – prováděný učitelem, motivační, efektní, převážně fyzikálního charakteru, ze strany učitele dokládající (ilustrující) × ze strany žáků zjišťující, neboť žák nemá žádné předchozí zkušenosti s průběhem ani výsledkem pokusu.



#### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI POKUSU:

Hromadná frontální výuka ve třídě nebo v odborné učebně, příp. v rámci nepovinného nebo volitelného předmětu či zájmového kroužku s menší skupinou žáků.



#### DIDAKTICKÁ METODA:

Při realizaci pokusu metoda názorně-demonstrační (předvádění × pozorování), v průběhu a po provedení pokusu metoda slovní – monologická (vysvětlování) i dialogická (rozhovor, krátká diskuze), včetně metody řízeného rozhovoru (návodné otázky pedagoga × názory a odpovědi žáků). Uplatňuje se i metoda heuristická, ovšem založená na pozorování a myšlení, nikoliv osobně realizované výzkumné činnosti žáků.



#### ZAŘAZENÍ DO RVP ZV:

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
Chemie	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovitost.
	Částicové složení látek a chemické prvky	Žák používá pojmy atom a molekula ve správných souvislostech. Žák rozlišuje chemické prvky a chemické sloučeniny a pojmy užívá ve správných souvislostech.
	Chemie a společnost	Žák se orientuje v přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka.
Fyzika	Látky a tělesa	Žák změří vhodně zvolenými měřidly některé důležité fyzikální veličiny charakterizující látky a tělesa.
	Energie	Žák využívá poznatky o přeměnách různých forem energie a jejich přenosu při řešení konkrétních problémů a úloh.
	Elektromagnetické a světelné děje	Žák využívá zákona o přímočarém šíření světla ve stejnorodém optickém prostředí a zákona odrazu světla při řešení problémů a úloh.



#### NEBEZPEČNOST POKUSU:

U prvního pokusu s obyčejnou žárovkou je důležité, aby se důsledně dodržela předepsaná doba, po kterou bude MT zapnuta, aby nedošlo k explozi žárovky a poničení MT. U druhého pokusu s úspornou žárovkou je zase nutné, aby se žárovka zčásti ponořila do kádinky s vodou. Opatrně se musí postupovat i při vyjímání předmětů z MT, protože mohou být i po poměrně krátkém

zapnutí MT rozpálené na vysokou teplotu. K dispozici by měly být vždy ochranné rukavice. Po skončení pokusů je nutné nechat MT dostatečně vychladnout.

### 🕒 ČASOVÁ DOTACE:

Asi 10 minut na provedení pokusů a vysvětlení prezentovaných jevů.

### 👁 POZOROVÁNÍ A VÝSLEDKY:

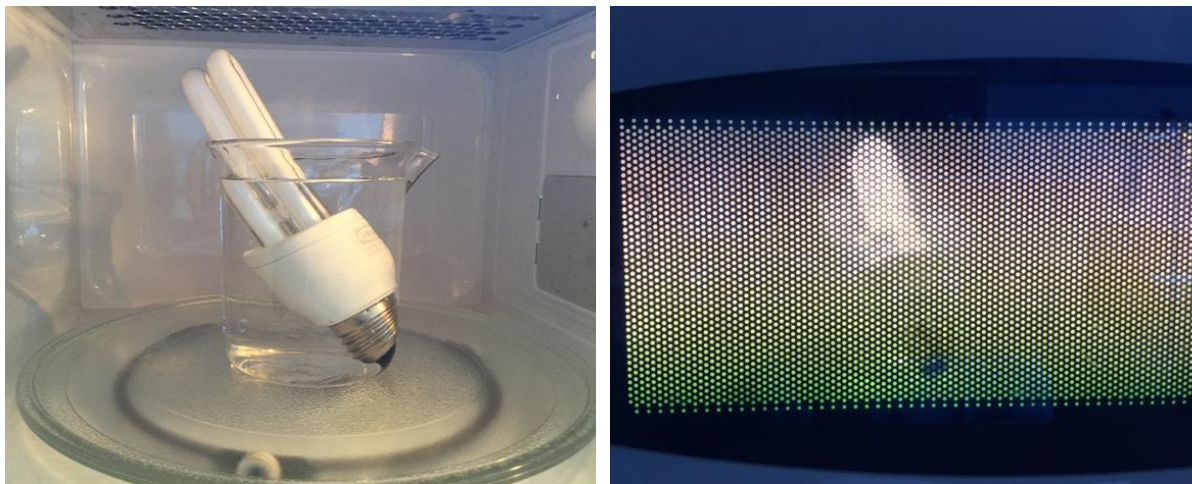
- ad 1. Ihned po zapnutí MT lze pozorovat, že žárovka na velmi krátký okamžik zasvítí normálním bílým světlem (asi do 0,5 s) a po zbývající dobu svítí modrým světlem. Uvnitř žárovky tak probíhá barevný plazmový výboj. Lze vidět, že mikrovlny jsou schopné velmi dobře ohřívat ionizovaný plyn. Po včasném vypnutí MT je skleněná část žárovky stále celá. Po vychladnutí a vytažení žárovky je pravděpodobné, že na jedné straně může být už trochu vyboulená. Po pečlivém prozkoumání vnitřku žárovky je možné si povšimnout, že část drátku se vlivem vysoké teploty, zapříčiněné procházejícím proudem, vypařila.
- ad 2. Po zapnutí MT úsporná žárovka zcela normálně svítí. Probíhá v ní elektrický výboj, který je v tomto případě zahájen pomocí mikrovln. K tomu účelu, aby v ní elektrický výboj probíhal, je žárovka vyrobena. Voda, v níž je žárovka zčásti ponořena, slouží k odběru přebytečných wattů, které do vnitřku MT plynou.

### ? PŘÍKLADY OTÁZEK PRO ŽÁKY:

- 1) Na jakém principu svítí klasická žárovka a na jakém úsporná žárovka?
- 2) Jak lze dokázat nehomogenitu elektromagnetického vlnění uvnitř MT pomocí obyčejné žárovky? Kam ji na otočném talíři umístit?
- 3) K čemu dochází při plazmovém výboji?
- 4) Co je ionizovaný plyn?
- 5) Co je to inertní plyn?
- 6) Co je to luminofor?

### ± HODNOCENÍ POKUSU:

Jedná se o efektní motivační pokus s převažujícím fyzikálním charakterem, avšak s chemickým podtextem (wolframové vlákno, ionizovaný plyn atp.). Zahrnuje v sobě několik zajímavých jevů. Je rychlý, ale z bezpečnostního hlediska nevhodný pro žákovské experimentování. Nutno při něm počítat minimálně se znehodnocením či úplným zničením obyčejné žárovky.



**Obrázek 36: Úsporná žárovka v mikrovlnné troubě**

Foto autorka

## Tuha v mikrovlnné troubě

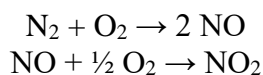
### PRACOVNÍ NÁVOD

#### ☑ ÚKOL:

Zkoumejte chování tuhy v mikrovlnné troubě.

#### 🌀 TEORIE:

Působením mikrovlnného záření, tj. vlivem časově proměnného elektrického pole, se z tuhy uvolňují uhlíkové atomy spolu s elektrony. Pohybem (účinkem) těchto urychlených elektronů dochází k excitaci a následné ionizaci okolních atomů a molekul vzduchu, přičemž vznikne plazmový výboj (Mikrovlnka jako domácí plazmový reaktor, 2017). Z chemického hlediska dochází ve výboji k plazmochemické reakci kyslíku a dusíku za vzniku oxidu dusnatého a oxidu dusičitého.



Dusík, jehož je v atmosféře asi 78 % obj., za normálních podmínek s jinými prvky nereaguje. Pokud mu je ale dodáno větší množství energie, může se slučovat s kyslíkem. Oxid dusnatý i oxid dusičitý jsou jedovaté plyny a poškozují zdraví. Často pocházejí ze spalovacích procesů (např. spalování pohonných hmot v automobilech, při průmyslových výrobcích), ale zároveň vznikají v zóně blesků při bouřkách přímou syntézou ze vzdušného kyslíku a dusíku. (Chemie a technologie sloučenin dusíku, nedatováno)

Pokus je důkazem schopnosti mikrovln iniciovat chemické reakce, které by za normálních podmínek nikdy nemohly probíhat.

#### 🔨 POMŮCKY:

Mikrovlnná trouba, tuha o délce několik centimetrů (z obyčejné tužky či mikrotužky), modelína, skleněná nádoba kulového tvaru, ochranné brýle, ochranné rukavice.

#### 📄 POSTUP:

Vyjměte z mikrovlnné trouby skleněný otočný talíř i s otočným vodícím kroužkem a otočný talíř položte dnem vzhůru. Pomocí modelíny přilepte kousek tuhy (mikrotuhy) délky asi 6 cm na tento talíř, a to nejlépe na místo s dostatečně velkou intenzitou mikrovlnného pole, tj. v místě kmíten (maxim). (Viz pracovní návod Důkaz nehomogenity mikrovlnného pole a stanovení rychlosti světla pomocí mikrovln na straně 125). Tuhu přiklopte skleněnou nádobou kulového tvaru. MT nastavte na nejvyšší výkon a časovač na 10 sekund. MT zapněte a v ochranných brýlích pozorujte průběh pokusu. Za okamžik nastane velmi intenzivní plazmový výboj, který vyplní celý prostor skleněné nádoby.

Upozornění:

- Je nutné použít nádobu kulového tvaru, neboť bylo dokázáno, že vznikající plazma v tomto případě není v přímém kontaktu se sklem a díky tomu se sklo zahřívá pomaleji než při použití nádoby jiného tvaru (*Spherical Pinch Effect*).
- Z důvodu vzniku oxidů dusíku je nutné provádět pokus v dobře větrané místnosti! (Holubová, 2012, s. 21; Kohout, 2008)

## Tuha v mikrovlnné troubě

### METODICKÝ LIST



#### TYP POKUSU:

Demonstrační – prováděný učitelem, motivační, efektní, fyzikálně-chemického charakteru, ze strany učitele dokládající (ilustrující) × ze strany žáků zjišťující, neboť žák nemá žádné předchozí zkušenosti s průběhem ani výsledkem pokusu. Jako žákovský pokus proveditelný pouze pod přímým dohledem učitele.



#### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI POKUSU:

Hromadná frontální výuka ve třídě nebo v odborné učebně, zejména v rámci nepovinného nebo volitelného předmětu či zájmového kroužku s menší skupinou žáků. Případně individuální forma pouze pod přímým dohledem učitele.



#### DIDAKTICKÁ METODA:

Při realizaci pokusu metoda názorně-demonstrační (předvádění × pozorování), v průběhu a po provedení pokusu metoda slovní – monologická (vysvětlování) i dialogická (rozhovor, krátká diskuze), včetně metody řízeného rozhovoru (návodné otázky pedagoga × názory a odpovědi žáků). Uplatňuje se i metoda heuristická, ovšem založená na pozorování a myšlení, nikoliv osobně realizované výzkumné činnosti žáků.



#### ZAŘAZENÍ DO RVP ZV:

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
Chemie	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovitost.
	Částicové složení látek a chemické prvky	Žák používá pojmy atom a molekula ve správných souvislostech. Žák rozlišuje chemické prvky a chemické sloučeniny a pojmy užívá ve správných souvislostech.
	Chemické reakce	Žák rozliší výchozí látky a produkty chemických reakcí, uvede příklady prakticky důležitých chemických reakcí, provede jejich klasifikaci a zhodnotí jejich využívání.
	Anorganické sloučeniny	Žák porovná vlastnosti a použití vybraných prakticky významných oxidů a posoudí vliv významných zástupců těchto látek na životní prostředí.
Fyzika	Energie	Žák využívá poznatky o přeměnách různých forem energie a jejich přenosu při řešení konkrétních problémů a úloh.
	Elektromagnetické a světelné děje	Žák využívá zákona o přímočarém šíření světla ve stejnorodém optickém prostředí a zákona odrazu světla při řešení problémů a úloh.



## NEBEZPEČNOST POKUSU:

Pokus není při dodržování bezpečnosti práce s MT a postupu nebezpečný, ale vzhledem k probíhající chemické reakci je nutno pracovat v dobře větrané místnosti. Vzniklé oxidy dusíku by ve větší koncentraci mohly mít negativní vliv na lidské zdraví. Opatrně se musí postupovat i při vyjímání předmětů z MT, protože mohou být i po poměrně krátkém zapnutí MT rozpálené na vysokou teplotu. K dispozici by měly být vždy ochranné rukavice. Po skončení pokusů je nutné nechat MT dostatečně vychladnout. Při realizaci pokusu bez přikrytí tuhy skleněnou nádobou je nutno očekávat silné očazení vnitřního prostoru MT.



## ČASOVÁ DOTACE:

Asi 5 minut na přípravu a provedení pokusu a 5 minut na vysvětlení prezentovaného jevu a zhodnocení výsledného produktu.



## POZOROVÁNÍ A VÝSLEDKY:

Asi po 3–4 sekundách dochází ke vzplanutí tuhy a začíná probíhat intenzivní plazmový výboj. Spálením tuhy vzniká bílý prášek (grafen oxid).



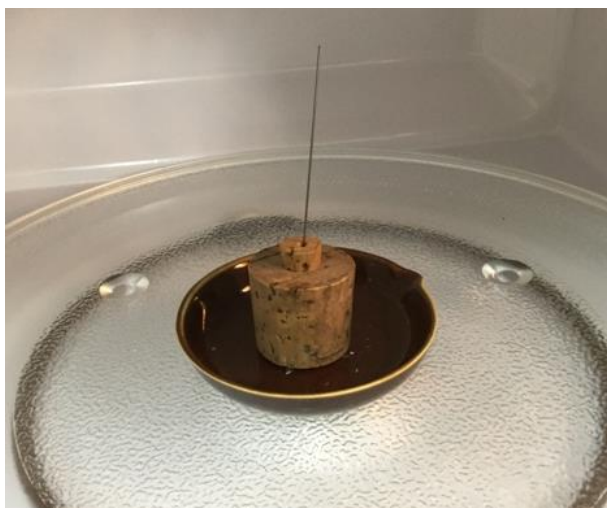
## PŘÍKLADY OTÁZEK A ÚKOLŮ PRO ŽÁKY:

- 1) Co je tuha? Jaký má jiný název? Popište její strukturu a některé významné vlastnosti.
- 2) Jaké znáte další formy uhlíku? Stručně je charakterizujte.
- 3) Jaké znáte oxidy dusíku? Je jich pět. Zapište je chemickými vzorci. Jmenujte některé jejich významné vlastnosti.
- 4) Zapište chemickou rovnici slučování kyslíku a dusíku na oxid dusnatý a na oxid dusičitý.
- 5) Vysvětlete rozdíl mezi pojmy excitace a ionizace atomu. Použij internet.



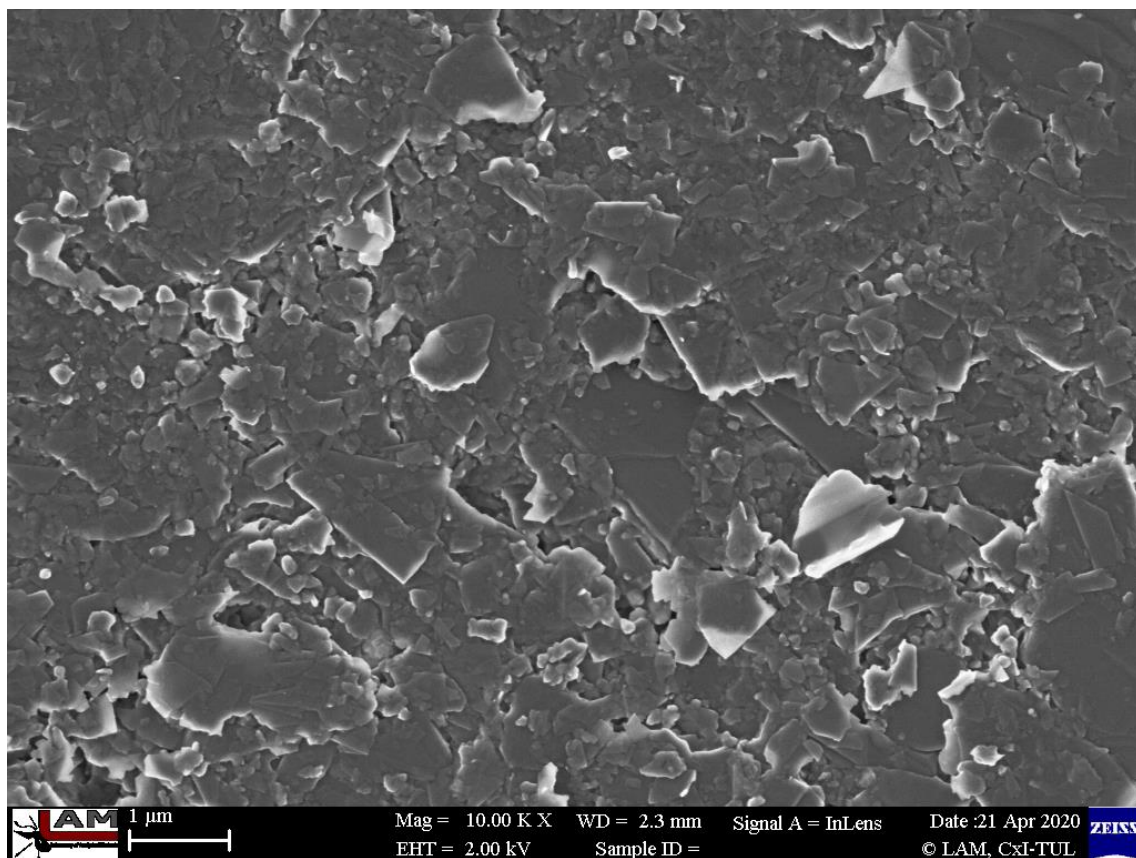
## HODNOCENÍ POKUSU:

Pokus je vhodný spíše jako efektní motivační ukázka pro menší skupinky žáků, neboť dění v MT je třeba sledovat zblízka. Příprava je nenáročná, pomůcky lehce dostupné. Provedení samotnými žáky by bylo možné pouze pod přímým dohledem učitele. Při pokusu je vhodnější kousek tuhy připevnit do modelíny než korkové zátky (viz Obrázek 37: *Tuha v mikrovlnné troubě*), neboť při pokusu dojde k jejich drobnému povrchovému ohoření. Přikrytí sestavy skleněnou nádobou má zase význam z důvodu zabránění očouzení stropu a stěn mikrovlnné trouby.



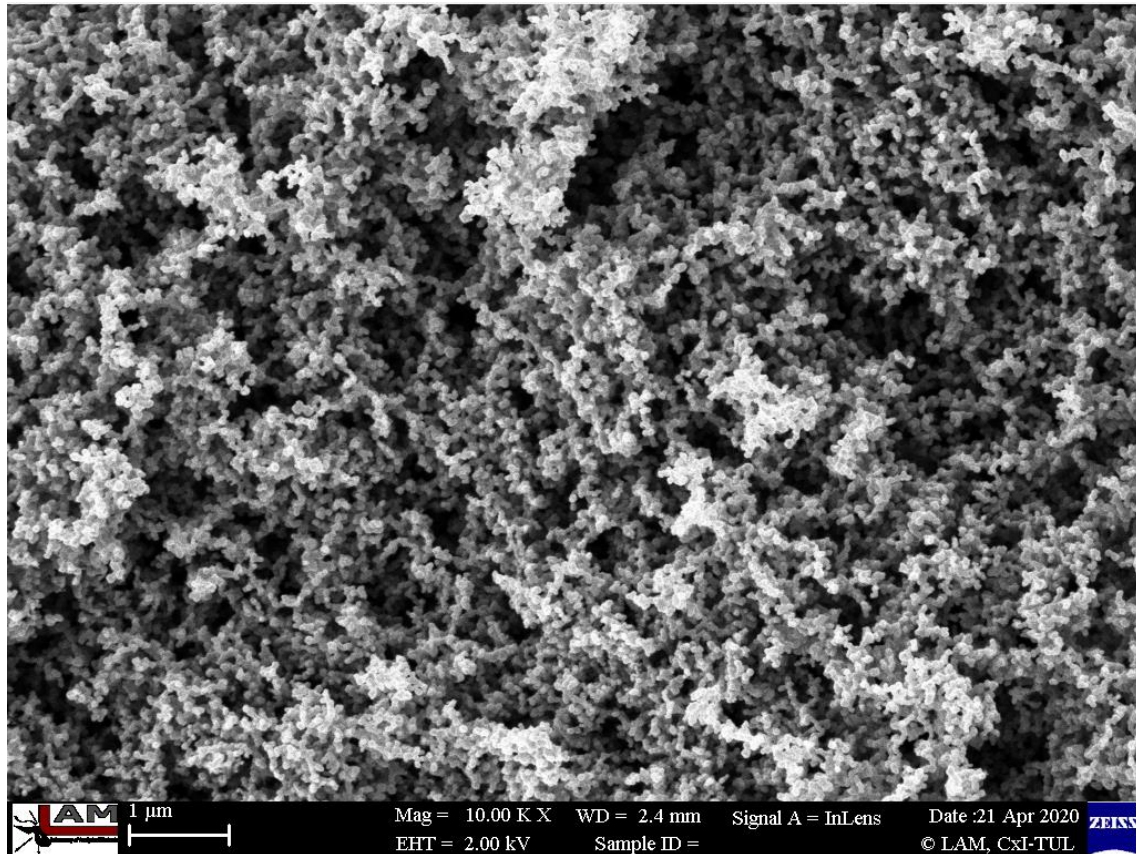
Obrázek 37: *Tuha v mikrovlnné troubě*

Foto autorka



**Obrázek 38 SEM snímek tuhy před umístěním do mikrovlnné trouby**

*Foto Pavel Kejzlar*



**Obrázek 39 SEM snímek spálené tuhy po umístění do mikrovlnné trouby**


*Foto Pavel Kejzlar*


# Nafukovací balónek v mikrovlnné troubě


## PRACOVNÍ NÁVOD


Zpracováno podle Nafukování balónku v mikrovlnce (2008), Balónek v mikrovlnce (2011) a Holubové (2012, s. 27).

 **ÚKOL:**  
Pozorujte vlastnosti vody na balónku nafouknutém v mikrovlnné troubě.

 **TEORIE:**  
Mikrovlnné záření rozkmitává polární molekuly vody, čímž se zvyšuje jejich kinetická energie a přeměňuje se v energii tepelnou. Navenek se tento jev projevuje zvyšováním teploty vody. Na tomto principu funguje mikrovlnná trouba při ohřevu potravin, které vodu vždy ve větší či menší míře obsahují. Vložíme-li do mikrovlnné trouby zavázaný nafukovací balónek s menším množstvím vody a troubu zapneme, voda se po dosažení teploty varu začne měnit v páru, tím pádem zvětšovat objem a tlak vzniklých par balónek nafukuje díky jeho pružnosti. Jakmile troubu vypneme, pára opět zkapalňuje, objem se zmenšuje, balónek se smršťuje a vrací se do původního stavu.

 **CHEMIKÁLIE:**  
Voda.

 **POMŮCKY:**  
Mikrovlnná trouba, nafukovací balónek, kuchyňský trychtýř, provázek na zavázání balónku (není nutný), ochranné brýle.

 **POSTUP:**  
Balónek naplňte pomocí trychtýře malým množstvím vody (asi 4 cl) a zavažte ho provázkem, nebo ho zauzlujte tak, aby z něj voda nemohla vytéci. Umístěte balónek na otočný talíř mikrovlnné trouby, nastavte MT na poloviční výkon a časovač na 1 minutu. Pak MT zapněte a pečlivě pozorujte, co se s balónkem bude dít. Po necelé minutě se balónek začne rychle nafukovat. Nechte ho trochu nafouknout a pak MT rychle vypněte. Balónek se začne opět smršťovat. Nafouknutého balónku se nedotýkejte, je velmi horký. Nenechte balónek příliš nafouknout, aby neprasknul a pára nepoškodila elektrické obvody MT, příp. aby nedošlo k neočekávanému zranění elektrickým proudem. Pokus lze po vychladnutí balónku s vodou provádět opakovaně.



# Nafukovací balónek v mikrovlnné troubě

## METODICKÝ LIST



### TYP POKUSU:

Demonstrační i žákovský, motivační, efektní, fyzikálně-chemického charakteru, ze strany učitele dokládající (ilustrující) × ze strany žáka ověřující – potvrzující.



### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI POKUSU:

Hromadná frontální výuka ve třídě nebo v odborné učebně, zejména v rámci nepovinného nebo volitelného předmětu či zájmového kroužku s menší skupinou žáků. Případně individuální forma pod přímým dohledem učitele nebo jako samostatná domácí aktivita pod dohledem zákonného zástupce.



### DIDAKTICKÁ METODA:

Při realizaci pokusu učitelem metoda názorně-demonstrační (předvádění × pozorování), v průběhu a po provedení pokusu metoda slovní – monologická (vysvětlování) i dialogická (rozhovor, krátká diskuze), včetně metody řízeného rozhovoru (návodné otázky pedagoga × názory a odpovědi žáků). V případě individuálního provedení metoda dovednostně-praktická – jednoduchá manipulace s balónkem a MT, doprovázená metodou práce s textem (pracovním návodem).



### ZAŘAZENÍ DO RVP ZV:

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
Chemie	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Žák určí společné a rozdílné vlastnosti látek. Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovitost.
	Chemie a společnost	Žák se orientuje v přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka.
Fyzika	Látky a tělesa	Žák změří vhodně zvolenými měřidly některé důležité fyzikální veličiny charakterizující látku a těleso. Žák předpoví, jak se změní délka či objem tělesa při dané změně jeho teploty.
	Energie	Žák využívá poznatky o vzájemných přeměnách různých forem energie a jejich přenosu při řešení konkrétních problémů a úloh.
Pracovní činnosti	Příprava pokrmů	Žák používá základní kuchyňský inventář a bezpečně obsluhuje základní spotřebiče.
		Žák dodržuje zásady bezpečnosti práce; poskytne první pomoc při úrazech v kuchyni.



### NEBEZPEČNOST POKUSU:

Při pokusu je třeba důsledně dodržovat zásady bezpečnosti práce s MT, předepsaný postup a používat ochranné brýle. Pozor, aby nedošlo k přefouknutí balónku a jeho prasknutí, mohlo

by dojít k poškození elektrických obvodů MT, příp. ke zranění způsobenému elektrickým proudem. Nafouknutý balónek je nutné nechat nejdříve řádně vychladnout a pak s ním teprve manipulovat. Je velmi horký a mohl by prasknout. V případě prasknutí, propíchnutí nebo náhlého rozvázání provázku by mohlo dojít k opaření horkou párou nebo horkou vodou.

### ⌚ ČASOVÁ DOTACE:

Asi 5 minut na přípravu a provedení pokusu a 10 minut na vysvětlení prezentovaného jevu, krátkou diskuzi a zodpovězení otázek řízeného rozhovoru.

### 👁 POZOROVÁNÍ A VÝSLEDKY:

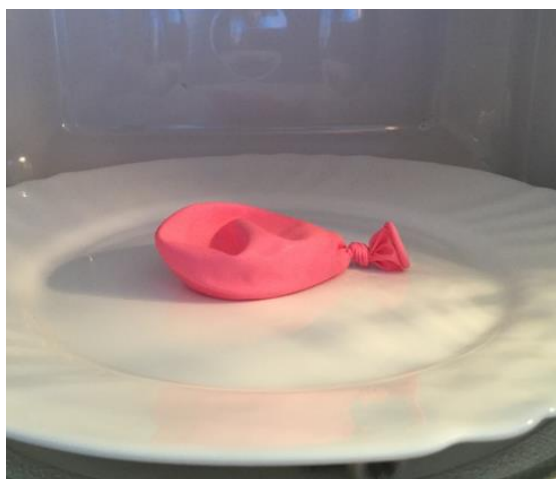
Díky mikrovlnnému záření se zahřívá voda v balónku a po dosažení teploty varu se voda začne rychle vypařovat (měnit z kapaliny na plyn) a balónek se nafukuje, protože pára má větší objem než voda. Po vypnutí MT se voda v balónku naopak ihned ochlazuje, a tím zmenšuje svůj objem, balónek splaskává. Pokud by došlo k propíchnutí nafouknutého balónku, pára stlačená stěnou balónku by se bleskově uvolnila a mohla by způsobit popáleniny.

### ? PŘÍKLADY OTÁZEK PRO ŽÁKY:

- 1) Jak se nazývají skupenské přeměny vody? Vysvětli je. Za jakých podmínek k nim dochází?
- 2) Co se děje s objemem vody při těchto přeměnách? Existuje nějaká anomálie vody s nimi související? A co je to anomálie?
- 3) Proč je horká pára nebezpečnější než horká voda?  
*Pára díky svému většímu objemu než voda o stejné hmotnosti a teplotě může předat teplo na mnohem větší plochu a způsobit tak rozsáhlejší popáleniny. Zároveň není vidět jako voda, a proto je záhadnější.*
- 4) Proč správná kuchařka uvařené knedlíky hned po vytažení z vařící vody rychle nakrájí, nebo alespoň propíchná vidličkou?  
*Aby z nich pára unikla a nekondenzovala v nich na vodu, která má menší objem než pára. Knedlíky by pak nebyly nadýchané, protože by splaskly.*
- 5) K čemu se v praxi například využívá vodní pára?

### ± HODNOCENÍ POKUSU:

Pokus je velice jednoduchý, rychlý, zábavný, efektní, nenáročný na pomůcky, přesto výstižně vypovídá o některých důležitých vlastnostech vody. Hodí se nejenom do hodin fyziky a chemie, ale svůj význam má také v pracovních činnostech, kde se žáci seznamují s vařením, při němž je pravděpodobnost úrazů způsobených právě podobným chováním vody vysoká.



Obrázek 40: Nafukovací balónek v mikrovlnné troubě

Foto autorka

## Utajený var

### PRACOVNÍ NÁVOD

Zpracováno podle Utajený var (2008), Jesenáka (2009) a Fyzika v mikrovlnné troubě (2014) a Kundracika (2018).



#### ÚKOL:

Dokažte pomocí mikrovlnné trouby utajený var.



#### TEORIE:

Utajený var je jev kapalin, kdy nastává ohřátí kapaliny na teplotu vyšší než je její bod varu bez obvyklých vnějších příznaků, např. bublání. Dochází k němu pouze za určitých podmínek. Kapalina by měla být velmi čistá, tzn. neměla by obsahovat různé mechanické (tuhé) částice umožňující vznik tzv. nukleačních center. Jedná se o místa, na nichž dochází při zahřátí na teplotu varu přednostně k přeměně kapaliny (vody) na (vodní) páru, tj. uvolňování bublin. Čím je kapalina čistší, tím obtížněji dochází k začátku varu. Nevytváří se bublinky páry, které by uvolnily akumulovanou teplotu. Výsledkem je pak tzv. „přehřátá kapalina“, která ignoruje teplotu varu, i když je na ni již zahřátá. Pro vodu za atmosférického tlaku je teplota varu 100 °C, s nižším tlakem se ale snižuje, s vyšším naopak zvyšuje. Přehřátí kapaliny patří mezi tzv. metastabilní stavy, tj. pouze zdánlivě stálé, vykazující určitou setrvačnost systému. Zabránit utajenému varu lze vytvořením nukleačních center, což lze jednoduše provést přidáním inertních mechanických částic (např. skleněných varných kamínků či porcelánových střípků), případně vložením plastové lžičky. Mikrovlnný ohřev je pro vznik utajeného varu větším rizikem než kontaktní ohřev, kde k varu dochází v místě kontaktu s nádobou na nerovných površích (drobných poškozeních či nečistotách), a to odspodu nahoru po stěnách. V MT se kapalina se rovnoměrně zahřívá v celém objemu najednou a nukleační centra se tak při něm vytvářejí obtížněji. Poté stačí nepatrný impulz, např. cuknutí nebo vložení lžičky do nádoby, a kapalina začne bouřlivě vřít.



#### CHEMIKÁLIE:

Voda, jedlý sypký materiál (instantní káva, cukr, sůl).



#### POMŮCKY:

Mikrovlnná trouba, kádinka (150 ml), lžička, plastový táč, ochranné brýle, ochranné teplovzdorné rukavice.



#### POSTUP:

Vezměte kádinku a nalijte do ní asi z poloviny vodu. Těsně vedle MT si položte táč a připravte si zarovnanou lžičku se sypkým materiálem. Kádinku postavte na otočný talíř v MT, časovač nastavte na 1 minutu a MT zapněte na plný výkon. Ve chvíli, kdy na hladině uvidíte první známky bublání, MT vypněte a opatrně přeneste v ochranných rukavicích na táč postavený těsně vedle MT. Pokud by 1 minuta nestačila, přidejte 30 sekund navíc. Rychle nasypete do kádinky sypkou hmotu a pozorujte, co se bude dít. Za ideálních podmínek, tj. čistá kádinka a voda, dojde k utajenému varu, tj. bouřlivému vyběhnutí bublinek v nádobě, příp. z nádoby ven. Pokud se nedaří zachytit akorát okamžik prvních bublin, nechte vodu začít vařit, MT vypněte a pak chvíli vyčkejte, až se var uklidní. Poté teprve přidejte sypký materiál.

# Utajený var

## METODICKÝ LIST



### TYP POKUSU:

Demonstrační i žákovský, motivační, efektní, fyzikálně-chemického charakteru, ze strany učitele dokládající (ilustrující) × ze strany žáka buď ověřující – potvrzující, pokud žák na základě svých předchozích znalostí ověřuje svoji hypotézu, příp. zjišťující, pokud žák nemá žádné předchozí představy o průběhu zkoumaného jevu.



### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI POKUSU:

Hromadná frontální výuka ve třídě nebo v odborné učebně, zejména v rámci nepovinného nebo volitelného předmětu či zájmového kroužku s menší skupinou žáků. Případně individuální forma pod přímým dohledem učitele nebo jako samostatná domácí aktivita pod dohledem zákonného zástupce.



### DIDAKTICKÁ METODA:

Při realizaci pokusu učitelem metoda názorně-demonstrační (předvádění × pozorování), v průběhu a po provedení pokusu metoda slovní – monologická (vysvětlování) i dialogická (rozhovor, krátká diskuze), včetně metody řízeného rozhovoru (návodné otázky pedagoga × názory a odpovědi žáků). V případě individuálního provedení metoda dovednostně-praktická – opatrná manipulace s přehřátou kapalinou a sypkým materiálem, doprovázená metodou práce s textem – pracovním návodem.



### ZAŘAZENÍ DO RVP ZV:

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
Chemie	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Žák určí polesné a rozdílné vlastnosti látek. Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovitost.
	Směsi	Žák rozlišuje směsi a chemické látky. Žák připraví prakticky směs daného složení.
	Chemie a společnost	Žák se orientuje v přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka.
Fyzika	Látky a tělesa	Žák změří vhodně zvolenými měřidly některé důležité fyzikální veličiny charakterizující látky a tělesa. Žák předpoví, jak se změní délka či objem tělesa při dané změně jeho teploty.
	Energie	Žák využívá poznatky o vzájemných přeměnách různých forem energie a jejich přenosu při řešení konkrétních problémů a úloh.
Pracovní činnosti	Příprava pokrmů	Žák používá základní kuchyňský inventář a bezpečně obsluhuje základní spotřebiče. Žák dodržuje zásady bezpečnosti práce; poskytne první pomoc při úrazech v kuchyni.



## NEBEZPEČNOST POKUSU:

Při pokusu je třeba důsledně dodržovat zásady bezpečnosti práce s MT, předepsaný postup a používat ochranné pomůcky (tepluvzdorné rukavice, ochranné brýle). Při jakémkoliv pohybu s přehřátou kapalinou, tzn. narušení metastabilního stavu kapaliny, může dojít k náhlému bouřlivému vzkypění kapaliny a hrozí riziko popálení rukou, příp. jiných částí těla, a vstříknutí vařící vody do očí.



## ČASOVÁ DOTACE:

Asi 5 minut na přípravu a provedení pokusu a 10 minut na vysvětlení prezentovaného jevu, krátkou diskuzi a zodpovězení otázek řízeného rozhovoru.



## POZOROVÁNÍ A VÝSLEDKY:

Okamžitě po nasypání sypkého materiálu, příp. vložení jiného cizího tělesa (např. lžičky) do přehřáté vody, dojde k nečekanému bouřlivému varu, kdy se vařící voda hrne prudce nahoru nádobou. Dochází tak k uvolnění akumulovaného tepla ve formě bublinek vodní páry.



## PŘÍKLADY OTÁZEK PRO ŽÁKY:

- 1) Definujte pojem var a vysvětlete, co se při něm děje.
- 2) Jaká je teplota varu vody za normálního atmosférického tlaku (101 315 Pa). Jaká je při nižším (vyšším) tlaku? Uveďte konkrétní příklady (např. var ve vyšší nadmořské výšce nebo naopak v Papinově hrnci).
- 3) K čemu je pro člověka var užitečný?
- 4) Za jakých podmínek může dojít k utajenému varu?
- 5) Proč je ohřívání vody či jiných kapalin v mikrovlnné troubě nebezpečné, lze rizikům nějak předjet?



## HODNOCENÍ POKUSU:

Jedná se o nenáročný a rychlý pokus, který je efektní, pokud se povede. Někdy, a to zejména při jeho provádění s čistou vodou, není očekávaný efekt tak markantní. Přesto dokazuje jednu z významných vlastností kapalin, a to schopnost utajeného varu. Vhodný je nejenom do hodin fyziky a chemie, ale svůj význam má také v pracovních činnostech, kde se žáci seznamují s vařením, při němž je pravděpodobnost úrazů způsobených právě podobným chováním kapalin vysoká. Kromě vody se tento jev často vyskytuje při mikrovlnném ohřevu mléka, do kterého se následně přidá např. Granko.



Obrázek 41: Utajený var



Foto autorka

# Výroba GST formy do mikrovlnné trouby

## PRACOVNÍ NÁVOD

Zpracováno podle Šulcové a Böhmové (2007, s. 79–80).



### ÚKOL:

Pokuste se vyrobit formu na GST techniku.



### TEORIE:

GST technika (*Graphit-Suszeptor-Tiegel-Technik*) je založena na používání formy s reakčním kelímkem a grafitovým susceptorem, umožňující dosažení velmi vysokých teplot v krátkém čase v mikrovlnné troubě. Grafitový susceptor je materiál, který je schopen absorbovat elektromagnetickou energii, přeměňovat ji na teplo a při těsném tepelném kontaktu s kelímkem mu toto teplo předávat. Právě uhlík ve formě grafitu v tenké vrstvě má velice dobrou schopnost se působením mikrovlnného záření ohřívat na velmi vysokou teplotu a teplo přenášet. Pokud mezi kelímkem a susceptorem vznikne vzduchová mezera, např. v podobě trhliny ve formě, susceptor se z důvodu přítomného kyslíku zahřeje na mnohem vyšší teplotu a shoří. Forma je tvořena keramickým květináčem, vyplněným kamnářským šamotem, do něhož je zasazen porcelánový žíhací kelímek. Ten je od šamotové hmoty oddělen grafitovým práškem neboli susceptorem. GST technika dovoluje využít mikrovlnnou energii k pokusům, jež by byly s běžným laboratorním vybavením těžko proveditelné, jako například tavení a výroba skla či výroba železa.



### CHEMIKÁLIE:

Voda, kamnářský šamot (1,5 kg), vodní sklo (vodný roztok  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), isopropanol (propan-2-ol), grafitový prášek.



### POMŮCKY:

Větší nádoba na šamotovou hmotu (např. plastový lavor), 3 keramické květináče (průměr 9 cm), štětec, šroubovák, kombinované kleště (kombinačky), 3 středně velké vyšší porcelánové žíhací kelímky, jednorázové tenké gumové rukavice, vybitá plochá nebo 9voltová baterie, skleněná tyčinka, malá uzavíratelná nádobka na grafitovou suspenzi, ochranné brýle, ochranný plášť.



### POSTUP:

Do větší nádoby vysypte obsah sáčku s kamnářským šamotem a vytvořte hustou hmotu přesně podle návodu na obalu: smíchejte 6 dílů obsahu sáčku s jedním dílem vody (cca 150 ml vody), přidejte 2–3 lžice vodního skla na obsah sáčku pro zvýšení pevnosti a směs řádně prohněťte. Poměr uvedený výrobcem na obalu se snažte dodržet, neboť hmota při vysychání nepopraská a je pevnější. Touto hmotou naplníte 3 květináče. Květináč vždy předem navlhčete vodou a poté do něj napěchujte připravenou hmotu. Dále na porcelánový kelímek navlékněte natěsno ušřížený prst z gumové rukavice. Poté vtláčte kelímek doprostřed husté hmoty v květináči tak, aby přesahoval asi 0,5 cm nad vrchní okraj hmoty. Dejte pozor, aby se mezi hmotou a kelímkem nevytvořily žádné nerovnosti a záhyby a nevznikl mezi nimi žádný volný prostor. Přebytkovou hmotu nad okrajem květináče odstraňte a povrch uhlad'ete. Formu i s kelímkem nechte volně vyschnout, nejméně 24 hodin. V případě urychlení procesu lze použít i sušárnu, a to při 80 °C. Hmota nesmí sušením nikde popraskat. Po usušení formy vyjměte kelímek z šamotové hmoty. Pokud byl potažen prstem z gumové rukavice, půjde vytáhnout poměrně snadno, jinak je třeba použít úzký šroubovák a opatrně si jím pomáhat při uvolnění kelímku. Jestliže se po

vytažení kelímku objevily ve formě nějaké trhliny a skuliny, je nutné je vyspárovat nově připravenou šamotovou hmotou, krásně zahladit – především na styčné ploše s kelímkem, opět vsadit kelímek a znovu nechat vyschnout. Po úplném zatvrdnutí hmoty vyjměte kelímek a na povrch dutiny vzniklé po kelímku naneste štětcem několik vrstev grafitové suspenze. Každou vrstvu grafitu nechte dobře vyschnout až do úplného odpaření isopropanolu. Dejte pozor, aby se každým dalším nátěrem nenarušil stávající grafitový povrch. Nakonec vložte do dutiny žíhací kelímek. Měl by naprosto přiléhat ke stěnám dutiny.

*Příprava grafitové suspenze:*

Grafitový prášek lze získat např. rozdrčením grafitové elektrody z vybité ploché či 9voltové baterie. Při této práci předcházejte zašpinění pracovní plochy, proto určitě použijte pracovní oděv a podložku (např. noviny), na které budete baterii rozebírat. Grafitový prášek rozmíchejte skleněnou tyčinkou opatrně v isopropanolu a vytvořte hustou suspenzi. Toto provádějte těsně před nátěrem, aby nedošlo k odpaření isopropanolu ještě před natíráním. Zbylou suspenzi uchovávejte v nádobce s dobře těsnícím uzávěrem.

# Výroba GST formy do mikrovlnné trouby

## METODICKÝ LIST



### TYP POKUSU:

Společný pokus učitele a žáka/ů, spočívající ve výrobní aktivitě.



### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI POKUSU:

Skupinová a kooperativní výuka v odborné učebně nebo chemické laboratoři, příp. dílně, zejména v rámci zájmového kroužku s menší skupinou žáků.



### DIDAKTICKÁ METODA:

Metoda dovednostně-praktická, tvůrčí výrobní činnost, doprovázená metodou slovní – monologickou (vysvětlování, instruktáž), dialogickou (rozhovor, diskuze) i práce s textem (pracovní návod a návod na obalu výrobku).



### ZAŘAZENÍ DO RVP ZV:

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
Chemie	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Žák pracuje bezpečně s vybranými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovost; posoudí nebezpečnost vybraných dostupných látek, se kterými zatím pracovat nesmí.
	Směsi	Žák rozlišuje směsi a chemické látky. Žák připraví prakticky různorodou směs daného složení.
	Chemie a společnost	Orientuje se v přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka.
Člověk a svět práce (Pracovní činnosti)	Práce s technickými materiály	Žák provádí jednoduché práce s technickými materiály a dodržuje technologickou kázeň.



### NEBEZPEČNOST POKUSU:

Při výrobě šamotové formy mohou žáci základní školy pracovat jak s šamotovou hmotou, tak s vodním sklem, které se do ní přidává. Získávání grafitového prášku z baterie je činnost nebezpečná spíše z hlediska fyzického úrazu při destrukci baterie, proto je třeba pracovat pomalu a opatrně. Problém nastává až v momentě, kdy má být dutina vysušené formy, určená pro kelímek, vymazána grafitovou suspenzí, jejíž složkou je isopropanol. V tomto případě mohou žáci základní školy pracovat pouze pod přímým soustavným dohledem odborně způsobilé osoby.

Identifikace nebezpečnosti	
Chemikálie	H-věty
Uhlík (grafit)	H319 Způsobuje vážné podráždění očí.
	H335 Může způsobit podráždění dýchacích cest.
Propan-2-ol (isopropanol)	H225 Vysoce hořlavá kapalina a páry.
	H319 Způsobuje vážné podráždění očí.
	H336 Může způsobit ospalost a závratě.
Vodní sklo	H315 Dráždí kůži.
	H319 Způsobuje vážné podráždění očí.



## ⌚ ČASOVÁ DOTACE:

Výroba zcela dokončené formy vyžaduje i několik dní z důvodu dokonalého vysušení formy, případně času na opravu formy a její opětovné vysušení a opakované natírání dutiny grafitovou suspenzí. Pokud bychom počítali pouze čas na naplnění květináčů šamotovou hmotou a zasažení keramického kelímku do této hmoty před vysušením formy, trvala by tato činnost asi 60 minut. Problém může nastat v případě, že hmota je příliš drolivá a netvárná, pak je též velmi obtížné do ní vtlačit kelímeček a doba na přípravu formy se prodlužuje.

## 👁 POZOROVÁNÍ A VÝSLEDKY:

Kvalitu vyrobené formy lze prvotně posoudit po jejím vysušení, a to podle množství různých trhlin a děr, které vysušením vznikly a které je rozhodně nutné zacelit a zahladit. Dokonalost přiléhání kelímku ke stěnám dutiny a kvalitu přenosu tepla přes grafitovou vrstvu do kelímku lze však prověřit až při vlastním tavení v mikrovlnné troubě. Pokud dochází k přenosu tepla a hmota v kelímku se úspěšně taví, forma je v pořádku. Pokud by však došlo ke shoření grafitové vrstvy či k prasknutí formy, nelze formu považovat za kvalitní a provedený experiment s jejím použitím za úspěšný.

## ± HODNOCENÍ POKUSU (VÝROBY):

Výroba šamotové formy je časově náročná činnost, neboť trvá několik dnů, než se připraví do finální podoby. Základním úkolem je obstarat a připravit si všechny netradiční pomůcky. Dále je třeba koupit šamotovou hmotu a určitě počítat s její zásobou i na opravu popraskaných forem. Též získání grafitového prášku z vybité baterie vyžaduje úsilí, čas a rozhodně pracovní oděv. Největší problém činí zasažení porcelánových žíhacích kelímků do uhnětené šamotové hmoty v květináči. Velice obtížně se potahují ustriženým „prstem“ gumové rukavice, a pokud se tak neprovede, neskutečně problematicky se dobývají z vysušené formy ven. V tomto případě hrozí buď zničení kelímku, nebo poškození formy. Šamotová hmota, do níž se kelímky vsazují, nesmí být ani příliš mokrá ani příliš drolivá, spíše trochu mazlavá. Po vysušení forem a vytažení kelímků je nutno počítat nejdříve s vyspravením trhlin a prasklin v dutině po kelímku. Až po opětovném vysušení lze teprve přistoupit k natíráním grafitovou suspenzí. Ovšem i tu je třeba opakovat, a to navíc velice opatrně, aby nedošlo ke stržení předchozích vrstev. Výroba GST formy vyžaduje čas a především trpělivost.



Obrázek 42: GST forma



Foto autorka

## Výroba skla v mikrovlnné troubě

### PRACOVNÍ NÁVOD

Zpracováno podle Šulcové a Böhmové (2007, s. 80–82).



#### ÚKOL:

Pokuste se v mikrovlnné troubě získat tavením borosilikátové sklo.



#### TEORIE:

Sklo je homogenní a amorfní pevná látka, která vzniká nejčastěji rychlým ztuhnutím taveniny bez krystalizace, což znamená, že nestačí vytvořit krystalovou mřížku. Borosilikátové sklo se vyrábí tavením a následným ochlazením směsi kyseliny borité, křemenného písku a uhličitanů vápenatého a sodného. Uhličitan vápenatý přechází tavením na oxid vápenatý, který zlepšuje chemickou odolnost skla. Uhličitan sodný ve směsi funguje jako tavivo, jenž snižuje vysokou teplotu tavení směsi. Po jeho přidání se pohybuje okolo 1000 °C. Barevná skla lze vyrobit přidáním velmi malého množství oxidů kovů k základní směsi, např. oxidu chromitého pro zelené zbarvení, oxidu kobaltnatého pro tmavě modré nebo oxidu železitého pro žluté zbarvení. Borosilikátové sklo má nízkou teplotní roztažnost a vysokou odolnost proti náhlým změnám teploty a působení chemikálií.



#### CHEMIKÁLIE:

Křemenný písek  $\text{SiO}_2$ , kyselina boritá  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , uhličitan vápenatý  $\text{CaCO}_3$ , uhličitan sodný  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , oxid chromitý  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .



#### POMŮCKY:

Mikrovlnná trouba, GST sestava, 3 žáruvzdorné destičky (obkladačky 15 cm × 15 cm), laboratorní váha, třecí miska s tloučkem, kádinka (100 ml), navažovací lodička, plastové lžičky, kleště na kelímek, špachtle, žáruvzdorné rukavice, ochranné brýle nebo obličejový štít, ochranný plášť.



#### POSTUP:

Na laboratorní váze postupně pomocí malé kádinky a plastové lžičky odvažte 10,6 g  $\text{H}_3\text{BO}_3$  a poté s využitím navažovací lodičky a plastových lžiček 1 g křemenného písku, 1,7 g  $\text{CaCO}_3$  a 1,8 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Jednotlivé složky přesypte do třecí misky, přidejte na špičku lžičky  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  a směs řádně promíchejte tloučkem. Žihací kelímek GST sestavy naplňte do poloviny připravenou směsí. Z MT odstraňte otočný skleněný talíř a do levého zadního rohu MT položte žáruvzdornou destičku a na ní umístěte GST sestavu se směsí. MT zapněte na plný výkon (800 W) nejdříve na 6 minut. Asi po 3 až 4 minutách zahřívání začne směs žhnout a vyboíl se přes okraj kelímku. Záhy se vrátí zpět do kelímku a začne se měnit v taveninu. Ještě před uplynutím nastavené doby MT se uvolní kouř a tavenina se homogenizuje. Po uplynutí nastavené doby vyjměte sestavu pomocí žáruvzdorných rukavic z MT a položte opatrně na další žáruvzdornou destičku. Pomocí špachtle seškrábejte směs ze stěn kelímku zpět do kelímku a vložte do MT na dalších 5 minut, dokud nebude směs natolik roz-tavená, aby mohla vytéci z kelímku. Jestliže tavenina stále nepoteče, bude nutno prodloužit dobu tavení o několik minut. Proces vylévání taveniny z kelímku na žáruvzdornou destičku musí probíhat poměrně rychle, protože směs opět prudce tuhne, ale velmi opatrně. Pokud se nepodaří vyndat kelímek pomocí kleští, otočíme dnem vzhůru celou sestavu i s kelímkem. Ta je ovšem velice rozžhavená, proto je více než nutné pracovat v žáruvzdorných rukavicích. Taveninu vylívejte tak, aby vznikly co nejmenší skleněné kuličky, větší kapičky v důsledku pnutí při rychlém ochlazení popraskají. Určitě se nepodaří z kelímku vylít všechnu taveninu, směs během pár sekund znovu ztuhne. Pokud kelímek při procesu nepraskne, je možné ho použít opakovaně.

## Výroba skla v mikrovlnné troubě

### METODICKÝ LIST



#### TYP POKUSU:

Demonstrační pokus s účastí/bez účasti žáků, příp. žákovský pod přímým soustavným dohledem učitele, efektní, zjišťující – zda je možné v MT sklo vůbec vyrobit.



#### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI POKUSU:

Skupinová a kooperativní výuka v odborné učebně nebo chemické laboratoři, zejména v rámci nepovinného nebo volitelného předmětu či zájmového kroužku s menší skupinou žáků. Případně laboratorní cvičení pro užší vyhraněnou skupinu žáků pod přímým soustavným dohledem učitele a s jeho pomocí.



#### DIDAKTICKÁ METODA:

Při realizaci pokusu metoda názorně-demonstrační (předvádění × pozorování), částečně pro žáky dovednostně-praktická (pomoc při laborování – asistence, navažování, míchání, manipulace s předměty atp.), doprovázená metodou práce s textem (pracovním návodem). V průběhu a po provedení pokusu metoda slovní – monologická (vysvětlování, instruktaž) i dialogická (rozhovor, diskuze), metoda řízeného rozhovoru (návodné otázky pedagoga × názory a odpovědi žáků).



#### ZAŘAZENÍ DO RVP ZV:

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
Chemie	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Žák určí společné a rozdílné vlastnosti látek.
		Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovost.
	Směsi	Žák rozlišuje směsi a chemické látky.
		Žák připraví prakticky roztok daného složení.
Chemie a společnost	Žák se orientuje v přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka.	
Fyzika	Energie	Využívá poznatky o vzájemných přeměnách různých forem energie a jejich přenosu při řešení konkrétních problémů a úloh.



#### NEBEZPEČNOST POKUSU:

Vzhledem k dosahování vysokých teplot při tavení směsi v MT a tím i celé GST sestavy lze tento pokus doporučit pouze jako demonstrační. Při experimentování je bezpodmínečně nutné dodržování bezpečnostních pravidel a postupu, zejména práce s ochrannými brýlemi a žáruvzdornými rukavicemi. Zvláště opatrně je nutno manipulovat s rozžhavenou formou. Jednak se musí brát do neopotřebovaných žáruvzdorných rukavic, aby nedošlo k popálení, a jednak je třeba ji držet pevně, aby nedošlo k jejímu vyklouznutí. Tuto činnost by měl provádět vždy učitel.

Identifikace nebezpečnosti		
Chemikálie	H-věty	Další nebezpečnost
Kyselina boritá	H360FD Může poškodit reprodukční schopnost. Může poškodit plod v těle matky.	Po vdechnutí prachu může dojít k podráždění dýchacích cest.
Oxid chromitý	Nejedná se o nebezpečnou látku.	
Oxid křemičitý	H319 Způsobuje vážné podráždění očí.	
	H335 Může způsobit podráždění dýchacích cest.	
	H373 Může způsobit poškození orgánů (plíce) při prodloužené nebo opakované expozici (při vdechnutí).	
Uhličitan sodný	H319 Způsobuje vážné podráždění očí.	
Uhličitan vápenatý	Nejedná se o nebezpečnou látku.	

## ČASOVÁ DOTACE:

Hlavním předpokladem provedení tohoto pokusu je předchozí výroba funkční GST sestavy. Vlastní příprava, tj. navážení a smíchání chemikálií, zabere asi 10 minut, tavení v MT a odlití skleněných kapiček trvá asi 20 minut. Celková doba určená k provedení pokusu činí asi 30 minut.

## POZOROVÁNÍ A VÝSLEDKY:

Průběh vlastního tavení připravené směsi není bohužel možno přímo pozorovat, poněvadž přes kovovou mřížku MT není téměř nic vidět. Také je třeba odolávat nepříjemným zvukům v podobě praskání v MT, dále sledovat pohmatem ohřívání zadní stěny MT a zbytečně se nestrašovat o přehřátí zařízení. Takže je žádoucí vždy trpělivě vyčkávat na uplynutí předem naprogramované doby MT. Po prvním vyjmutí směsi z MT, tj. po 6 minutách, je již v kelímku vidět první známky taveniny malou dírkou o průměru asi 3 mm ve směsi. Postupným prodlužováním doby tavení se docílí vytvoření homogenní žhnoucí taveniny, kterou lze z kelímku vylít. Opětovné tuhnutí je však natolik rychlé, že je možné vytvořit pouze pár malých kapiček. Větší kapička v důsledku prnutí při rychlém ochlazení praskne.

### Výhody a nevýhody mikrovlnné výroby skla:

- + Zahřátí směsi na vysokou teplotu v poměrně krátkém čase bez použití přímého plamene.
- + Možnost alespoň v daných intervalech sledovat proces tavení směsi a výroby skla v malém množství.
- Nemožnost sledovat celý kontinuální průběh tavení.
- Velmi malá množství vyrobeného skla nevalné kvality.

## ? PŘÍKLADY OTÁZEK A ÚKOLŮ PRO ŽÁKY:

- 1.) Co je sklo a jak vzniká?
- 2.) Jaké jsou základní suroviny pro výrobu skla?
- 3.) Jaké znáš druhy skla? Dělení je různé, např. podle složení nebo užití.
- 4.) Uveď příklady technik používaných při zpracování skla?
- 5.) Uveď příklady českých měst proslulých výrobou skla?

## ± HODNOCENÍ POKUSU:

Jedná se o velice netradiční a poutavý pokus. Jeho provedení není náročné na vstupní suroviny, je však zcela závislé na výrobě „kvalitní“ GST formy, bez níž by nebylo možné ho realizovat. Neobvyklé zážitky přináší především očekávání, zda se podaří sklo vyrobit a průběžné sledování vznikajícího produktu. Největší radost se dostaví po úspěšném odlití několika málo kapiček skla, které jsou odměnou za vynaložené úsilí. Naopak nekvalitní GST forma vede k nezdárnému pokusu, a obvykle k novým snahám o výrobu zdařilejší formy.








**Obrázek 43: Výroba skla v mikrovlnné troubě**  
*Foto autorka*

# Výroba mosazi v mikrovlnné troubě

## PRACOVNÍ NÁVOD

Zpracováno podle Šulcové a Böhmové (2007, s. 83–84)

-  **ÚKOL:**  
Pokuste se v mikrovlnné troubě získat tavením slitinu mědi a zinku – mosaz.
-  **TEORIE:**  
Slitiny kovů jsou pevné roztoky, které se připravují tavením směsi kovů a jejím následným tuhnutím. Pro určité použití vykazují lepší užité vlastnosti než čisté kovy. Slitina mědi a zinku do 45 % obsahu zinku se nazývá mosaz. Při malém obsahu zinku je její zabarvení do červena, při vyšším množství zinku do žluta. Teplota tání mosazi se pohybuje od 850 °C do 1000 °C podle druhu mosazi.
-  **CHEMIKÁLIE:**  
Prášková měď, práškový zinek.
-  **POMŮCKY:**  
Mikrovlnná trouba, GST sestava, 2 žáruvzdorné destičky (obkladačky 15 cm × 15 cm), laboratorní váha, třecí miska s tlučkem, navažovací lodička, 2 plastové lžičky, kleště na kelímek, špachtle, kladívko, tvrdá podložka, žáruvzdorné rukavice, ochranné brýle, ochranný plášť.
-  **POSTUP:**  
Na laboratorní váze nejprve navažte v třecí misce 8 g měděného prášku a v navažovací lodičce 2 g zinkového prášku. Poté ho přisypte ho k práškové mědi do třecí misky a směs tlučkem řádně promíchejte. Žíhací kelímek GST sestavy naplňte připravenou směsí a kelímek přikryjte porcelánovým víčkem. Z MT odstraňte otočný skleněný talíř a do levého zadního rohu MT položte žáruvzdornou destičku. Na ní umístěte GST sestavu se směsí. Výkon MT nastavte na 650 W (tj. asi 80 %) a směs zahřívejte nejdříve 7 minut. Poté formu opatrně vyjměte v žáruvzdorných rukavicích z MT, položte ji na další žáruvzdornou destičku a opatrně sejměte víčko kelímku. Pracujte s ochrannými brýlemi. Zkontrolujte stav směsi. Pokud po krátkém vychladnutí taveniny a po několika vrypech špachtlí bude směs stále vypadat práškovitě, vložte ji znovu do MT. Výkon MT zvyšte na 800 W (tj. 100 %) a přidejte další 3 minuty. Poté opět vyndejte sestavu z MT a prověřte, zda už dochází k tavení směsi. MT nechte krátce vychladnout. Nakonec vložte sestavu do MT na další 4 minuty při plném výkonu. Po jejím vytažení z MT kelímek odkryjte a taveninu nechte vychladnout. Po opakovaných vrypech špachtlí do vychladlé taveniny by směs měla vypadat jako slitina. Pomocí kleští vytáhněte žíhací kelímek z formy a vzniklou slitinu se pokuste vyklepnout, příp. vyrýpat špachtlí z kelímku. Pokud kelímek při procesu nepraskne, je možné ho použít opakovaně.

## Výroba mosazi v mikrovlnné troubě

### METODICKÝ LIST



#### TYP POKUSU:

Demonstrační pokus s účastí/bez účasti žáků, příp. žákovský pod přímým soustavným dohledem učitele, efektní, zjišťující – zda je možné v MT mosaz vůbec vyrobit.



#### ORGANIZAČNÍ FORMA VÝUKY PŘI POKUSU:

Skupinová a kooperativní výuka v odborné učebně nebo chemické laboratoři, zejména v rámci nepovinného nebo volitelného předmětu či zájmového kroužku s menší skupinou žáků. Případně laboratorní cvičení pro užší vyhraněnou skupinu žáků pod přímým soustavným dohledem učitele a s jeho pomocí.



#### DIDAKTICKÁ METODA:

Při realizaci pokusu metoda názorně-demonstrační (předvádění × pozorování), částečně pro žáky dovednostně-praktická (pomoc při laborování – asistence, navažování, míchání, manipulace s předměty atp.), doprovázená metodou práce s textem (pracovním návodem). V průběhu a po provedení pokusu metoda slovní – monologická (vysvětlování, instruktáž) i dialogická (rozhovor, diskuze), metoda řízeného rozhovoru (návodné otázky pedagoga × názory a odpovědi žáků).



#### ZAŘAZENÍ DO RVP ZV:

Vzdělávací obor	Vzdělávací obsah	Očekávané výstupy
Chemie	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovost.
	Směsi	Žák rozlišuje směsi a chemické látky. Žák připraví prakticky roztok daného složení.
	Chemie a společnost	Žák se orientuje v přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka.
Fyzika	Energie	Využívá poznatky o vzájemných přeměnách různých forem energie a jejich přenosu při řešení konkrétních problémů a úloh.



#### NEBEZPEČNOST POKUSU:

Vzhledem k dosahování vysokých teplot při tavení směsi v MT a tím i celé GST sestavy lze tento pokus doporučit pouze jako demonstrační. Při zahřívání směsi vzniká kouř oxidu zinečnatého, proto je žádoucí, aby byl kelímek při zahřívání zakrytý víčkem. Při experimentování je velmi nutné dodržování bezpečnostních pravidel a postupu, zejména práce s ochrannými brýlemi a žáruvzdornými rukavicemi. Zvláště opatrně je nutno manipulovat s rozžhavenou formou. Jednak se musí brát do neopotřebovaných žáruvzdorných rukavic, aby nedošlo k popálení, a jednak je třeba ji držet pevně, aby nedošlo k jejímu vyklouznutí. Tuto činnost by měl provádět vždy učitel.

Identifikace nebezpečnosti	
Chemikálie	H-věty
Měď prášková	H228 Hořlavá tuhá látka.
	H410 Vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.
Zinek práškový stabilizovaný	H400 Vysoce toxický pro vodní organismy.
	H410 Vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.

## ⌚ ČASOVÁ DOTACE:

Hlavním předpokladem provedení tohoto pokusu je předchozí výroba funkční GST sestavy. Vlastní příprava, tj. navážení a smíchání chemikálií zabere asi 10 minut, tavení v MT a zkoumání konzistence asi 20 minut. Celková doba určená k provedení pokusu činí asi 30 minut.

## 👁 POZOROVÁNÍ A VÝSLEDKY:

Průběh vlastního tavení připravené směsi není bohužel možno přímo pozorovat. Jednak žíhací kelímek je přikrytý porcelánovým víčkem a jednak přes kovovou mřížku MT není téměř nic vidět. Je třeba průběžně sledovat pohmatem ohřívání zadní stěny MT, ale na druhou stranu se zbytečně nestrachovat o přehřátí zařízení, MT zbytečně nevypínat a trpělivě vyčkávat na uplynutí předem naprogramované doby MT. Po prvním vyjmutí směsi z MT, tj. po 7 minutách, nejsou po odkrytí kelímku vidět žádné známky taveniny. Zvýšením výkonu MT na 100 % a prodloužením doby tavení o dalších celkem 7 minut se již docílí vytvoření žhnoucí taveniny, kterou ovšem nelze z kelímku vylít. Během chladnutí roztavená směs rychle tuhne. Teprve pak je možno špachtlí postupně vyškrábat z kelímku vzniklou směs, která je ve vrchních vrstvách stále drolivá, hlouběji však vykazuje rysy slitiny zbarvené místy do červena. Pokud se podaří vyrýpnout ucelený kousek této slitiny, lze otestovat jeho kujnost kladivem na tvrdé nerozbitné podložce.

## ? PŘÍKLADY OTÁZEK A ÚKOLŮ PRO ŽÁKY:

- 1) Zjistěte v tabulkách, jaká je teplota tání zinku a teplota tání mědi a z toho odvod'te přibližnou teplotu tání namíchané směsi mědi a zinku.
- 2) Uveďte shodné a některé odlišné vlastnosti mědi a zinku.
- 3) Uveďte příklad využití mědi a zinku v praxi, uveďte příklad využití mosazi v praxi.
- 4) Uveďte příklad jiné slitiny než mosazi, jejíž složkou je měď. Se kterým kovem ji tvoří? K čemu se využívá v praxi?
- 5) Znáš nějaké další slitiny kovů, příp. z jakých složek se skládají a k čemu se využívají?

## ± HODNOCENÍ POKUSU:

Pokus je velice netradiční a poutavý. I když jsou k jeho provedení potřeba pouze dvě chemické látky, průběh je zcela závislý na výrobě „kvalitní“ GST formy, bez níž by nebylo možné ho realizovat. Pokus se neobejde bez trpělivosti a opatrnosti. Pozorování se soustředí zejména na průběžnou kontrolu zahřívání MT, sledování vznikajícího produktu a zkoumání jeho konzistence. Nelze však očekávat, že se po roztavení směsi z kelímku vyklopí kompletní kus mosazi, který půjde roztepat pomocí kladiva. Je třeba se spokojit i s menším konzistentním kouskem hmoty, která připomíná mosaz.





**Obrázek 44:** *Výroba mosazi v mikrovlnné troubě*  
*Foto autorka*