

5. Experimenty v mikrovlnné troubě*

Mikrovlnná trouba je pomocníkem běžně používaným ve většině kuchyní k ohřívání i vaření pokrmů a nápojů. Výhod, které oceňují nejen hospodyňky, zkusíme využít také v chemické laboratoři. Jedním z pozitiv, které přináší ohřev pomocí mikrovlnné trouby ve srovnání s jinými způsoby, je možnost dosažení vysokých teplot ve velmi krátkém čase, a to bez použití přímého plamene, což má význam i z hlediska bezpečnosti práce. Dalšími výhodami mikrovlnného ohřevu v laboratoři jsou např. vyšší reakční rychlost a výtěžky, rovnoměrný ohřev v celém objemu reakční směsi nevyžadující míchání (u reakcí probíhajících v polárním rozpouštědle pod jeho teplotou varu). Pro rychlé reakce v malém množství odpadá nutnost sestavovat aparatury – stačí kádinka přikrytá Petriho miskou, též lze provádět několik reakcí najednou.

Nabízíme vám několik pokusů vhodných pro učitele i žáky základních a středních škol. Provedení pokusů vychází z našich praktických zkušeností tak, aby všechny pokusy byly snadno realizovatelné nejen pro učitele, ale i pro žáky, s technikou dostupnou dnes v každé domácnosti i škole, zvláště tam, kde není do učeben chemie zaveden plyn.

4.1. Jednoduché pokusy

Takto jsou označeny pokusy, které hledají odpovědi na otázku: ***Jak funguje a co všechno dokáže mikrovlnná trouba?*** Lze je přizpůsobit různým věkovým kategoriím, aby povzbudily zvědavost žáků, schopnost ptát se a hledat odpovědi na otázky z běžného života. Ukazují vlastnosti a zvláštnosti mikrovlnného pole vytvářeného v troubě.

1. Ohřívání dvoufázového systému

Zadání: Pokusem si ověřte princip mikrovlnného ohřevu různých materiálů a též odlišný přenos tepla při ohřevu (odlišný průběh konvekce).

Chemikálie: nasycený roztok modré skalice - $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ [$c(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 1,2 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$], destilovaná voda

Pomůcky: mikrovlnná trouba, plotýnkový vaříč, 2 kádinky (150 nebo 200 cm^3), plastová (5 cm^3) pipeta, 2 skleněné tyčinky nebo varné kamínky

Postup:

V 40 cm^3 destilované vody rozpustíte 12 g síranu měďnatého, do 2 kádinek nalijte po

* Na námětech a modifikaci těchto experimentů spolupracovala Mgr. Ludmila Nývltová v rámci své diplomové práce v r. 2004

80 cm³ destilované vody a pomocí pipety vodu podvrstvěte roztokem nasyceného CuSO₄ · 5H₂O (20 cm³). Do každé kádinky dejte skleněnou tyčinku nebo varný kamínek, obsah jedné kádinky přiveďte k varu na plotýnce vařiče a obsah druhé v MW troubě. Měřte dobu potřebnou k dosažení varu a pozorujte průběh mísení obou fází.

Pozorování a vysvětlení:

Při zahřívání systému na plotýnce zůstávají obě vrstvy dlouho oddělené, krátce před varem je možné pozorovat stoupající proudy barevného roztoku. Při dosažení teploty varu se vrstvy rychle promíchají stoupajícími bublinami; doba potřebná k dosažení varu při ohřívání na plotýnce je asi 8 minut. Při ohřívání v MW troubě dojde k varu asi po 60 s, rozhraní mezi vrstvami se rozhoupe, ale vrstvy zůstanou oddělené i chvíli po počátku varu, vzniká jen málo malých bublinek.

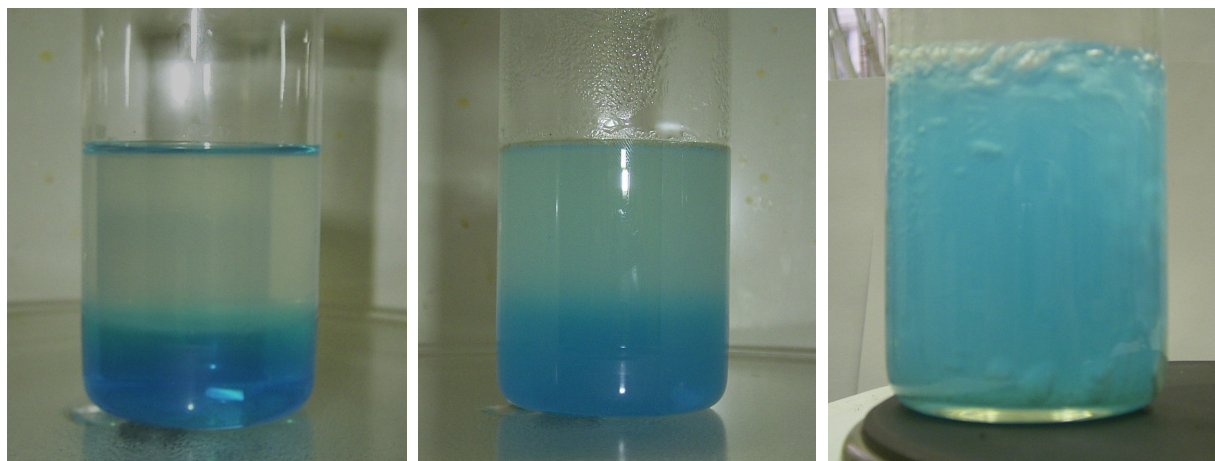
Zahříváme-li dvoufázový systém jednou klasickým způsobem na plotýnce, podruhé v MW troubě, můžeme pozorovat odlišný způsob konvekce. Při ohřevu na plotýnce vařiče se od zdroje tepla ohřeje nádoba a od ní se teprve ohřívá její obsah. Teplo se přenáší konvekcí a vznikají konvekční proudy, v různých místech je různá teplota, ohřev není rovnoměrný. Kapalina se začíná vařit na dně nádoby, doba potřebná k dosažení varu je cca 8 minut.

Při ohřívání v MW troubě dochází k přímému ohřevu kapalin, především vodných roztoků. Kapalina se ve svém objemu ohřívá rovnoměrně, má všude stejnou teplotu a nedochází ke vzniku konvekčních proudů. Varu je dosaženo cca po 60s, rozhraní mezi vrstvami se rozhoupe, ale vrstvy zůstanou oddělené i chvíli po počátku varu, vzniká jen málo malých bublinek.

(Takto lze vysvětlit např. proč se mnohem rychleji uvaří a přitom nepřipálí pudink vařený v MW troubě, třebaže není míchán nepřetržitě během varu, ale pouze při přerušení ohřevu 2-3 krát).

Další barevné roztoky použitelné k vytvoření dvoufázového systému: K₂Cr₂O₇ a NiSO₄ · 7H₂O.

Var systému:



v mikrovlnné troubě

na plotýnce elektrického vařiče

2. Důkaz nehomogenity pole v mikrovlnné troubě

Pokus lze provést pomocí termosenzitivního (faxového) papíru. Přináší odpověď na otázky: proč se uvnitř otáčí skleněný talíř?; je teplota ve všech místech uvnitř trouby stejná?; proč bývá pokrm po ohřátí uprostřed talíře chladnější než při okrajích (např. při ohřívání pizzy)?

Zadání: Pokusem ověřte intenzitu mikrovlnného záření (nehomogenitu pole) v různých místech uvnitř trouby.

Chemikálie: stříčka nebo rozprašovač s vodou

Pomůcky: mikrovlnná trouba, 2 tenké polystyrénové desky zhruba odpovídající rozměrům dna mikrovlnné trouby, nůž, filtrační papír, termocitlivý (např. faxový) papír,

Postup:

Na polystyrénovou desku o rozměrech dna položte filtrační papír. Pomocí stříčky nebo rozprašovače jej navlhčete vodou. Na filtrační papír položte faxový papír, desku vložte na dno MW trouby, z které je odstraněn otočný talíř. Zapněte na maximální výkon (700W) na 10 až 15 s. Podobně proveďte pokus na kruhové desce položené na otočný talíř v různých výškách trouby.

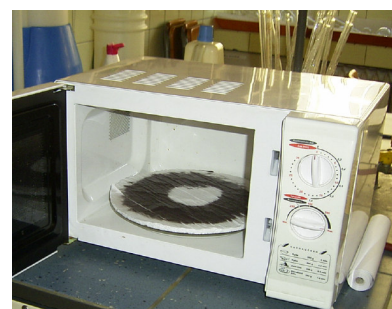
Zkoumání intenzity mikrovlnného pole v troubě:



bez otočného talíře



s otočným talířem



Porovnání intenzity pole u dna a v horní části trouby

Pozorování a vysvětlení:

Asi po 5 s začne v obou případech faxový papír na některých místech černat. Bez otočného talíře vznikne pro konkrétní troubu charakteristický reprodukovatelný vzor zčernání (pásově a bodově skvrny). S otočným talířem je zřetelné rozsáhlé zčernání ve tvaru mezikruží se středem v ose otáčení talíře.

Pokus je vhodné přerušit ve chvíli, kdy se objeví první zčernání; pokud papír vystavíme záření příliš dlouhou dobu, zčerná téměř v celé ploše. Nehomogenita elektromagnetického pole v troubě vzniká interferencí záření vícenásobně odraženého od stěn. Místa největšího zčernání odpovídají místům s vyšší intenzitou mikrovlnného pole; voda na fitračním papíru se ohřívá rychleji, začne se dříve odpařovat a horká vodní pára způsobí zčernání termocitlivého papíru.

3. CD v mikrovlnné troubě

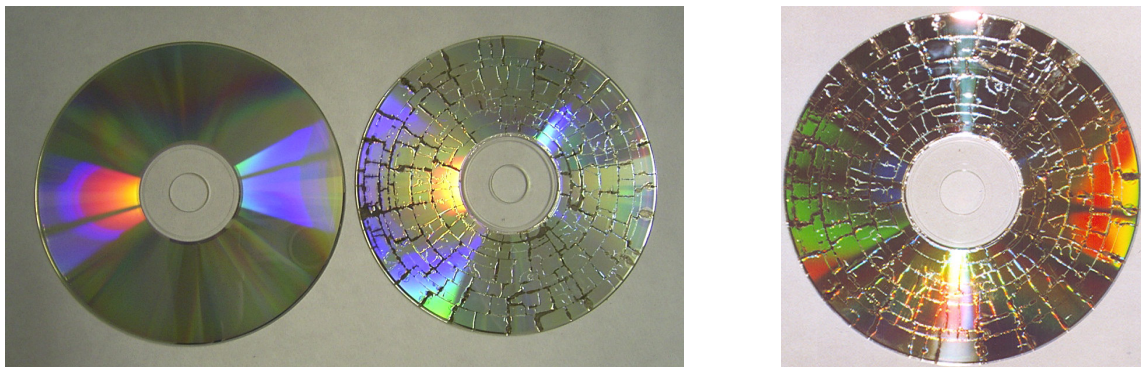
V tomto pokusu se skrývá odpověď na otázku, proč není vhodné používat kovového nádobí, zlacených talířů, hrnečků apod. pro ohřev v mikrovlnné troubě.

Zadání: Pokusem ověřte chování kovů v tenké vrstvě vystavených mikrovlnnému záření uvnitř trouby.

Pomůcky: mikrovlnná trouba, použité CD

Postup:

Položte CD nepotištěnou kovovou stranou nahoru do středu otočného talíře. Zapněte MW troubu na maximální výkon jen na několik sekund. Po zapnutí trouby začne CD nepravidelně jiskřit, světelné efekty jsou doplněny pro jiskření typickým praskáním. Tenká vrstva hliníku je silně zahřívána, až nakonec shoří. Spalování začne v mnoha místech samovolně vznikajícími jiskrami a ve velmi krátké době se rozšíří po celé ploše. V umělé hmotě potom můžeme pozorovat charakteristické vypálené stopy – abstraktní obrázky.



CD před a po experimentu v mikrovlnné troubě

Pozorování a vysvětlení:

Při působení mikrovlnného záření na kovové materiály dochází k pohybu delokalizovaných elektronů, k excitaci elektronového plynu v tenké kovové vrstvě a

tím ke vzniku elektrických proudů. Vodivost nebývá dostačující k odvedení velkého množství energie, dojde k jiskrovému vybíjení. Zvnějšku přes síťku dvířek trouby můžeme sledovat jasné jiskření – max. po dobu 20 – 30 sekund. Potom se již rozkládá plastová část CD a uvolněné plyny nepříjemně páchnou.

4. Vliv obsahu vody na dobu tání různých tukových výrobků

Měříme a porovnáváme dobu tání tuků až do úplného roztavení. Ve srovnání s běžným ohříváním na plotně vařiče získáme v mikrovlnné troubě výrazně homogennější, a tím také rychlejší ohřátí celého kusu tuku. Málo polární molekuly tuku jsou mikrovlnným zářením jen velmi málo aktivovány a rozkmitávány. Zahřívání vzorku proto závisí převážně na obsahu polárních molekul vody. Čím vyšší obsah vody, tím rychleji se vzorek ohřívá.

Zadání: Pokusem ověřte obsah vody ve vzorcích různých ztužených tuků

Chemikálie: různé tuhé tukové výrobky (margarín – rostlinné máslo, klasické máslo, sádlo, fritovací tuk nebo tuk na smažení)

Pomůcky: mikrovlnná trouba, Petriho misky, nůž, váha

Postup:

Od každého tukového výrobku odvažte stejné množství vzorku (asi 3 g) a položte na Petriho misky. Petriho misku zakryjte a vložte do MW trouby na otočný talíř (vždy na stejné místo). Zapněte MW troubu a měřte čas do úplného roztavení vzorku.

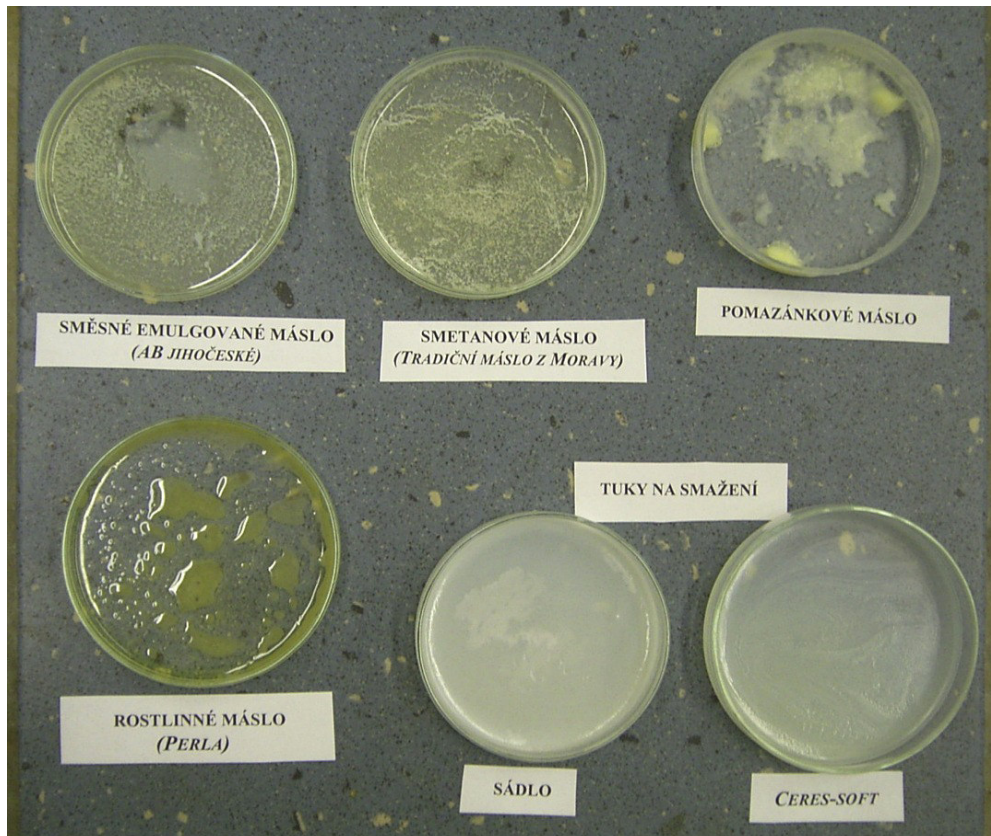
Pozorování a vyhodnocení:

Čím více vody vzorek obsahuje, tím rychleji se ohřívá, taví. Při použití vzorků o hmotnosti 3 g a výkonu trouby 400 W vychází průměrně následující hodnoty:

tuk	obsah tuku	doba do roztavení
rostlinné máslo (Perla)	40 %	20 s
rostl.+živoč. máslo (AB máslo)	80 %	30 s
stolní Čerstvé máslo(živočišné)	82%	35s
škvařené vepřové sádlo	100 %	60 s
fritovací tuk (Ceres soft)	100 %	70 s

Málo polární molekuly tuku jsou rozkmitávány mikrovlnným zářením jen nepatrně a zahřívání proto závisí především na obsahu vody, jejíž polární molekula reaguje na mikrovlnné záření mnohem více. Pro tento pokus není vhodné například pomazánkové máslo, které obsahuje kromě tuku a vody ještě další složky. Při ohřívání rostlinného másla s vysokým obsahem vody je možné pozorovat oddělené žluté barvivo, které zůstane po odpaření vody na Petriho misce. Vzorky, které obsahují velké procento tuku, mají po ochlazení vzhled velice podobný původnímu.

Ukázky roztavených vzorků tuků



5.2. Pokusy probíhající za velmi vysokých teplot

Vedle jednoduchých pokusů, které osvětlují problematiku ohřívání pomocí mikrovlnné energie, jsme dále vyzkoušeli a nabízíme techniku k **pokusům**, které nejsou vůbec nebo jsou jen **velmi těžko proveditelné** s běžným vybavením laboratoře. Mezi ně určitě patří **tavení a výroba skla, výroba železa nebo slitin**.

Pro tyto pokusy je třeba dosažení velmi vysokých teplot a pokud je chceme provést v rámci školního vyučování, je vhodné, aby se těchto teplot dosahovalo v krátkém čase. Jako příklad je uvedena výroba skla, která dosud byla při výuce chemie přístrojově i časově náročnou záležitostí. Celý pokus je možné provést během 10-15 minut při použití mikrovlnné trouby pomocí techniky kelímku s grafitovým susceptorem **GST-techniky** (Graphit-Suszeptor-Tiegel-Technik)* a procesy probíhající při tavení je navíc možné pozorovat přímo. Princip této techniky je založen na použití **formy s reakčním kelímkem**.

* - LUEHKEN, A. a BADER, H.J. Hochtemperaturchemie im Haushalts-Mikrowellenofen. In: *CHEMKON*, 2001, roč. 8., č.1., Weinheim.
 - *Die Herstellung von Glas im Schulalltag* [online].2002, dostupné z: < http://www.gym-kirn.de/hp/projekte/infoschul/chemie/index_chemie.htm>
 - ŠULCOVÁ, R. – NYVLTOVÁ, L. Využití mikrovlnné trouby ve školní chemii. In: *Chemické listy*, 2004, roč. 98, č. 8., ISSN 0009-277

5. Výroba formy na GST techniku

Chemikálie: propan-2-ol (isopropanol), voda, vodní sklo, grafitový sprej nebo suspenze grafitového prášku v isopropanolu (propan-2-olu), štětec

Pomůcky: kamnářský šamot, keramický květináč (průměr 9 cm), středně velký vyšší porcelánový žíhací kelímek, jednorázové tenké gumové rukavice

Postup:

Připravte hustou šamotovou hmotu dle návodu na obalu: smícháním šamotové směsi, vody a vodního skla, a vše dobře prohnětejte. Touto hmotou naplňte květináč, který jste předem navlhčili vodou. Porcelánový kelímek vložte do prstu z gumové rukavice tak, aby jej prst těsně obepínal. Pak vtláčte kelímek do husté hmoty v květináči, aby se nevytvořily žádné nerovnosti nebo záhyby a mezi hmotou a kelímkem nevznikl žádný volný prostor. Kelímek by měl přesahovat asi 0,5 cm nad vrchní okraj hmoty. Přebytečný materiál nad okrajem květináče odstraňte a povrch uhladte. Formu i s kelímkem nechte volně vyschnout, nejlépe 24 hodin. V případě nedostatku času lze použít i sušárnu, kde sušíme formu na 80°C; hmota nesmí sušením nikde prasknout, aby se nevytvořila skulina. Po usušení formy vyjměte kelímek (můžete si pomoci šroubovákem, který přikládáte z různých stran k okraji kelímku a lehce jej poklepete kladívkem). Pokud byl však kelímek v gumovém obalu, obvykle jej snadno vyjmete. Když je hmota formy zcela zatvrdlá, naneste na povrch dutiny štětcem nebo sprejem několik vrstev grafitové suspenze. Každou vrstvu grafitu nechte dobře vyschnout.



Příprava šamotové formy pro žíhací kelímek

Princip:

Uhlík ve formě grafitu v tenké vrstvě má velmi dobrou schopnost ohřívat se působením mikrovlnného záření na velmi vysoké teploty a teplo přenášet. Princip GST techniky je založen na tom, že pokud kelímek těsně přiléhá k formě pokryté tenkou vrstvou grafitu, je teplo přenášeno do obsahu kelímku. Pokud by mezi



formou a kelímkem vznikla vzduchová vrstva – např. v trhlině formy, přítomným kyslíkem by grafitový povrch shořel.

Poznámky:

Při výrobě GST formy je jedním z rozhodujících kroků příprava šamotové hmoty. Podle návodu se mísí 6 dílů obsahu sáčku s jedním dílem vody, pro zvýšení pevnosti lze přidat vodní sklo (přibližně 2-3 lžice na obsah sáčku). Poměr uvedený výrobcem doporučujeme dodržet, neboť hmota při vysychání nepopraská a je pevnější. (Formy vyrobené z řidší hmoty byly mnohem náchylnější na náraz.)

Dle německého návodu lze na vystříkání dutiny pro kelímek ve formě použít grafitový sprej. Jediný grafitový sprej, který jsme na našem trhu objevili, byl penetrační sprej SILKOPEN. Ten však obsahoval rozpouštědlo, které se při zahřátí formy začalo vypalovat a grafitová vrstva shořela. Proto jsme navrhli a používáme suspenzi grafitového prášku rozptýleného v isopropanolu, kterou nanášíme na vnitřní povrch dutiny ve formě pomocí štětce několikrát vždy po odpaření isopropanolu. (Grafitový prášek na přípravu suspenze lze získat např. rozdrčením grafitové elektrody z vybité ploché baterie.)

Formu při provádění pokusů stavíme do trouby na žáruvzdornou destičku (např. z lehčené betonové příčkovky YTONG) na dno trouby bez otočného talíře do místa s největší intenzitou mikrovlnného záření.

Toto místo lze najít pomocí pokusu s termosenzitivním (faxovým) papírem.



Forma s kelímkem v MW troubě při provádění pokusu



Formy někdy praskají ...

6. Výroba skla

Zadání: Získejte tavením borosilikátové sklo. Srovnejte s dobou potřebnou na výrobu skla ve sklárnách.

Chemikálie: kyselina boritá, křemenný písek, uhličitán vápenatý, uhličitán sodný, oxidy: kobaltnatý, železitý, chromitý

Pomůcky: mikrovlnná trouba, GST sestava, žáruvzdorná betonová destička (Ytong), kleště na kelímek, špachtle, třecí miska s tloučkem

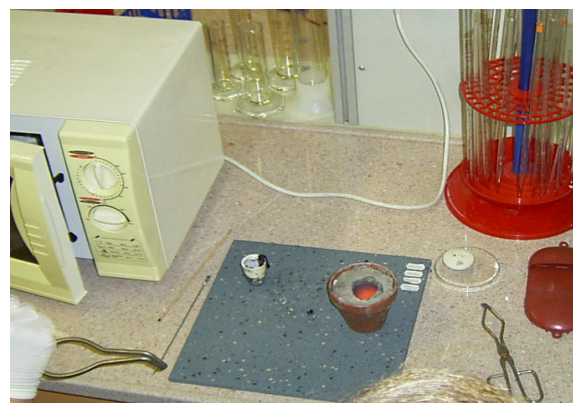
Postup: Odvažte 10,6 g H_3BO_3 , 1 g křemenného písku, 1,7 g $CaCO_3$ a 1,8 g Na_2CO_3 . Směs promíchejte v třecí misce, žíhací kelímek naplňte do poloviny směsí a GST sestavu postavte na žáruvzdornou desku do trouby. Zapněte troubu na plný výkon (700 W) asi na 6-8 min; pokud v kelímku dosud nevzniká tavenina, prodlužte dobu tavení o několik minut. Celý proces tavení je možné sledovat skrz dvířka trouby. Už asi po 3 až 4 min zahřívání začne kelímek rovnoměrně žhnout. Směs se nejdříve vyboulí přes okraj kelímku, ale brzy se zase vrátí zpět a změní se v tekoucí taveninu. Po dalších dvou minutách se uvolní kouř a tavenina se homogenizuje. GST sestavu vyjměte ven z trouby a postavte na teplovzdornou podložku, pomocí kleští vyndejte kelímek a taveninu vylijte na pevnou žáruvzdornou podložku (dlaždici). Při vylévání tavenina skla poměrně rychle tuhne, z kelímku se ji proto nepodaří vylít všechnu. Taveninu lijte tak, aby vznikly co nejmenší skleněné kapičky, větší kuličky v důsledku pnutí při rychlém ochlazení popraskají. Ochlazené skleněné perličky je možné sebrat se stolu. Kelímek je možné používat opakovaně, pokud nepraskne.



Práce s roztavenou sklovinou

Pomocí této techniky lze vyrobit např. bezolovnaté borosilikátové sklo během 10 minut - tímto způsobem jsme s úspěchem získali perličky skla bezbarvého, zeleného, žlutého a modrého. Barevná skla jsme vyrobili přidáním oxidu kovů k základní směsi, např. oxidu kobaltnatého pro tmavě modré, oxidu chromitého pro zelené nebo oxidu železitého pro žluté zbarvení.

Kelímky po tavení skla obarveného CoO a Cr_2O_3





Vyrobené skleněné perličky

Pozorování a vysvětlení:

Tavením směsi kyseliny borité, křemenného písku a uhličitanů sodného a vápenatého a následným ochlazením vznikne borosilikátové sklo. V mezerách nepravidelného zesíťování atomů kyslíku, křemíku a bóru jsou umístěny sodné a vápenaté kationty. Se vzrůstajícím množstvím kationtů klesá počet vazeb mezi kyslíkem a křemíkem nebo borem a tím klesá míra zesíťování. To se projeví ve snížení pevnosti skla a teploty jeho měknutí.

7. Tavení stříbra

Zadání: Získejte tavením přečištěné stříbro, např. z odpadů po ustalovací lázni.

Chemikálie: stříbrný prášek (např. z ustalovací lázně), borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)

Pomůcky: mikrovlnná trouba, GST sestava, žáruvzdorná destička (Ytong), kleště na kelímek

Postup:

Stříbro ve formě prášku (0,5 až 1 g) smíchané s dvěma menšími lžičkami boraxu (asi 1 g) dejte do kelímku. GST sestavu postavte do trouby na žáruvzdornou destičku, zahřívejte při maximálním výkonu (700 W) 7 minut (pokud tavenina dosud nevznikla, prodlužte dobu tavení).

Stříbro ve formě černého prášku můžeme předtím získat elektrolýzou použitých ustalovacích lázní. Použijeme měděnou katodu a grafitovou anodu.

Pozorování a vysvětlení:

Teplota tání stříbra je $961,3^\circ\text{C}$. Práškové stříbro je tedy možné stavit při teplotě okolo 1000°C ve slitek. Jako tavidlo použijeme borax. Směs v kelímku začne žhnout, vznikne trochu kouře. Stříbro se taví a shlukuje se do bíle se lesknoucích kuliček,

keré jsou dobře viditelné v žhnoucí hmotě. Tavenina velice rychle chladne, není proto úplně snadné slitky stříbra z taveniny získat.



Rozžhavená tavenina stříbra



Vytavené stříbro se zbytky tavidla

8. Výroba slitiny mědi a zinku

Zadání: Získejte tavením slitinu kovů – mosaz.

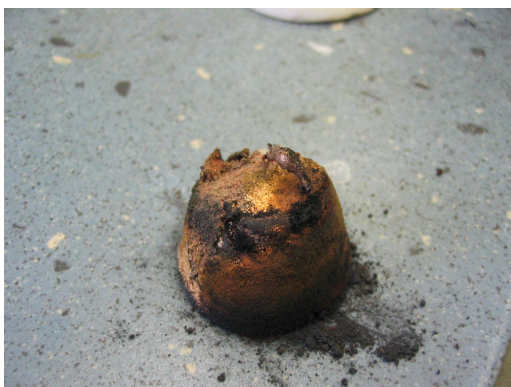
Chemikálie: měď - jemný prášek, zinek – jemný prášek

Pomůcky: mikrovlnná trouba, GST sestava, žáruvzdorná destička (Ytong), kleště na kelímek, špachtle, víčko na kelímek

Postup:

V kelímku pečlivě promíchejte 8 g měděného prášku a 2 g zinkového prášku. Kelímek přikryjte porcelánovým víčkem a celou GST sestavu postavte do MW trouby. Výkon trouby nastavte na 650 W a směs zahřívejte asi 7 minut.

Při zahřívání směsi práškových kovů vzniká kouř oxidu zinečnatého, proto je třeba, aby byl kelímek při zahřívání zakrytý. Po odklopení víčka je možné pozorovat červenorůžově žhnoucí reakční směs. Podobně lze v MW troubě vyrobit také slitinu mědi a cínu – zvonový bronz: v GST sestavě se taví směs 8 g měděného prášku a 2 g cínového prášku při výkonu 600 W po dobu přibližně 5 min.



Slitek mosazi se struskou



Mosazné plíšky

Pozorování a vysvětlení:

V mikrovlnné troubě je možné v krátkém čase ukázat výrobu slitin kovů. Slitina mědi a zinku se nazývá mosaz. Mosazný slitek je dobře kujný, je možné jej kladivem na kovadlině rozkovat do žlutého až měděně červeného kovového kousku.

9. Výroba železa

Zadání: Vyzkoušejte výrobu železa – simulujte procesy probíhající ve vysoké peci.

Chemikálie: oxid železitý, dřevěné uhlí

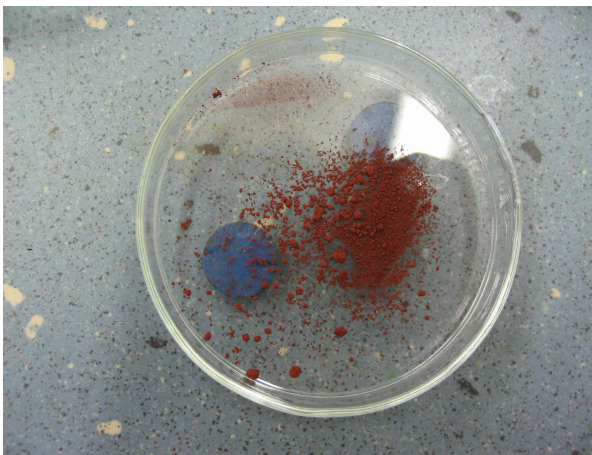
Pomůcky: mikrovlnná trouba, GST sestava, žáruvzdorná destička (Ytong), kleště

Postup:

Na dno kelímku vložte nejprve vrstvu dřevěného uhlí (spíše větší kousky, ne prach); do další vrstvy dejte 5 g práškového oxidu železitého a opět vrstvu dřevěného uhlí. Celou GST sestavu postavte na žáruvzdornou destičku do MW trouby a při 600 W zahřívejte přibližně 5 min. Asi po 1 min zahřívání začne reakční směs v kelímku žhnout. Po vytažení formy z trouby je možno pozorovat, jak vypadá rozžhavená směs, jsou viditelné hořící částičky dřevěného uhlí. Při delším tavení vzniknou větší slitky železa. Po ochlazení produkty vysypejte na Petriho misku a pomocí magnetu ověřte přítomnost železa. Reakci produktu na magnet porovnejte s reakcí práškového železa a oxidu železitého.

Pozorování a vysvětlení:

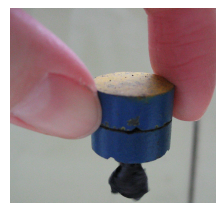
Při použití GST techniky můžete v mikrovlnné troubě vyrobit železo. Získáte jej redukcí oxidu železitého dřevěným uhlím. Ze směsi produktů je možné oddělit částičky železa magnetem, budou se přeskupovat stejně jako práškové železo; oxid železitý ani zbytky dřevěného uhlí na magnet reagovat nebudou.



Oxid železitý není magnetický



Vytavené železo vyrobené z oxidu železitého reaguje na magnet



5.3. Pokusy z praktické chemie – další možnosti využití mikrovlnné trouby

Další možností, kde lze využít mikrovlnné trouby jako laboratorního přístroje, jsou ty pokusy, u kterých použití mikrovlnného ohřevu urychluje průběh a zvyšuje výtěžek. Předložené experimenty mají navíc za cíl propojit školní chemii s běžným každodenním životem.

10. Syntéza léčiva acylpyrinu

Zadání: V mikrovlnné troubě proveďte přípravu acylpyrinu.

Chemikálie: kyselina salicylová, acetanhydrid, koncentrovaná kyselina sírová, studená voda, kostky ledu

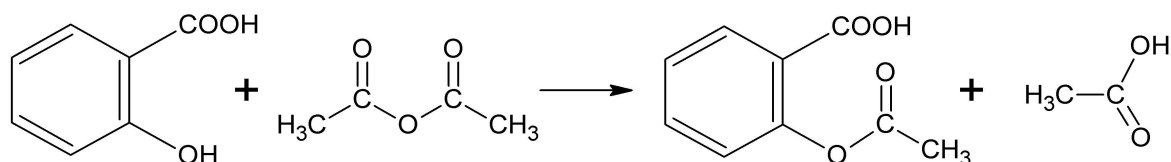
Pomůcky: mikrovlnná trouba, kádinka (150 nebo 250 cm³), hodinové sklo, skleněná tyčinka, teploměr, filtrační aparatura

Postup:

Do malé kádinky odvažte 5 g krystalické kyseliny salicylové a převrstvěte 5 cm³ acetanhydridu, přidejte několik kapek koncentrované H₂SO₄, promíchejte. Kádinku s reakční směsí překryjte Petriho miskou a vložte do MW trouby, troubu zapněte na 30s na maximální výkon (700 W). Reakční směs promíchejte skleněnou tyčinkou, potom zahřívejte dalších 30s. Směs vyndejte z trouby a přilijte 20 cm³ studené vody (nebo kostky ledu). Nechte asi 10 min stát, vysrážené krystalky odsajte a promyjte ledovou vodou. Produkt odfiltrujte.

Pozorování a vysvětlení:

Po 30s se pevná reakční směs změní v čirou kapalinu, ze které je silně cítit kyselinu octovou. Teplota reakční směsi dosahuje asi 120 – 130°C, lze ji změřit mimo troubu běžným laboratorním teploměrem. Po přidání studené vody vznikne bílá sraženina kyseliny acetylsalicylové. Zbytky reaktantů jsou na rozdíl od acylpyrinu rozpustné ve studené vodě, proto se po ochlazení vyloučí téměř čistá kyselina acetylsalicylová. Tato kyselina vzniká esterifikací kyseliny salicylové acetanhydridem. Kyselina salicylová se v reakci s acetanhydridem chová jako alkohol, reakce se zúčastní její fenolická hydroxylová skupina. Esterifikace se provádí za katalýzy silnými minerálními kyselinami, nejčastěji koncentrovanou H₂SO₄.



kyselina salicylová

acetanhydrid

kyselina acetylsalicylová

kyselina octová

Přítomnost a čistotu produktu je možné ověřit zjištěním teploty tání (134 – 135°C), reakcí s roztokem chloridu železitého (negativní na přítomnost fenolů) nebo pomocí

chromatografie na tenké vrstvě: porovnání produktu, acylpyrinu z lékárny a kyseliny salicylové.



Acylpyrin získaný v MW troubě

Porovnání vzhledu výchozí látky a produktu



Reakce kyseliny salicylové a vyrobeného acylpyrinu s roztokem chloridu železitého (acylpyrin se nechová jako fenol)

11. Výroba mýdla

Zadání: V mikrovlnné troubě zkuste vyrobit mýdlo.

Chemikálie: vepřové sádlo nebo lůj, pevný hydroxid sodný, chlorid sodný, destilovaná voda

Pomůcky: mikrovlnná trouba, kádinka (400 cm³), skleněná tyčinka, hodinové sklo nebo Petriho miska, odpařovací miska

Postup:

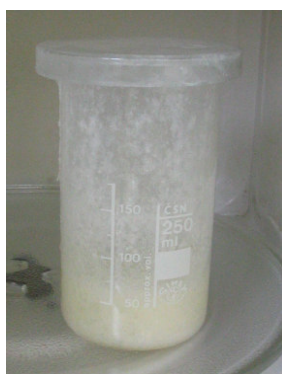
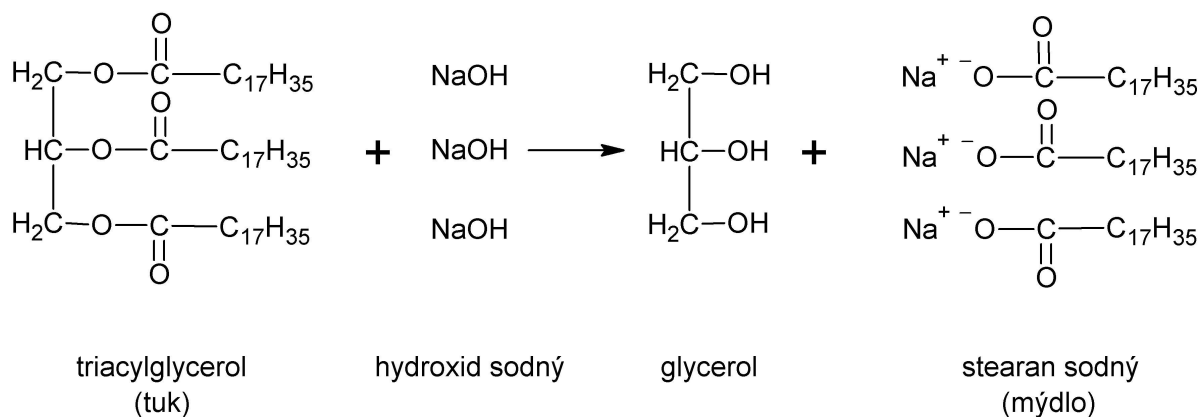
Rozpusťte 12 g Na OH ve 40 cm³ vody. Odvažte 27 g vepřového sádla a dejte do vyšší kádinky, vložte do MW trouby a zapněte na 90 s na maximální výkon (700 W). Do roztaveného tuku přilijte 20 cm³ roztoku NaOH, přikryjte hodinovým sklem a zahřívejte 3 min při výkonu 400 W. Doplňte odpařenou vodu zbytkem roztoku NaOH,

tyčinkou promíchejte a zahřívajte další 3 min na 400 W. Po ukončení reakce přidejte další vodu a nechte mírně zchladnout. Přidejte asi 3 g NaCl, vytvoří se vrstva mýdla, kterou oddělte od kapalně vrstvy a nechte vysušit v odpařovací misce. Zkouška na přítomnost mýdla: do zkumavky se vzorkem bílé sraženiny tyčinkou odebrané např. na stěně kádinky přilijte horkou vodu. Po protřepání lze pozorovat vznik pěny, což dokazuje přítomnost mýdla. Pokud ještě ke zmydelnění nedošlo, vznikají v roztoku mastné tukové kapičky. Kvůli přítomnosti nezreagovaného hydroxidu má mýdlo vysoké pH (asi 12). Nechá-li se mýdlo několik dní stát, tzv. dozrát, pH se po třech týdnech sníží přibližně na 8 – 9. Pro zlepšení kvality mýdla se k mýdlové hmotě přidávají vonné esence, lanolin, kalafuna, včelí vosk či med.

Pozorování a vysvětlení:

Po přidání roztoku NaOH do roztaveného tuku se začíná objevovat bílá staženina vznikajícího mýdla. Bílé částičky mýdla ulpívají i na stěnách kádinky a na hodinovém skle; po přidání NaCl dojde k lepšímu oddělení horní vrstvy vysráženého mýdla od spodní kapalně fáze, která obsahuje vzniklý glycerol, nezreagovaný NaOH a přidaný NaCl. Mýdlo má charakteristickou vůni.

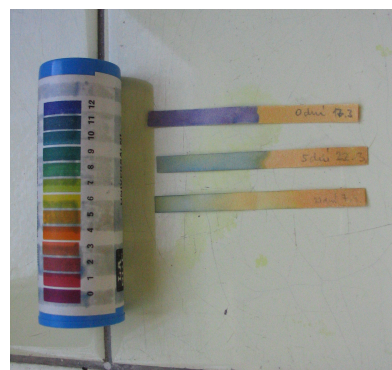
Zásaditou hydrolýzou triacylglycerolů vznikají sodné nebo draselné soli vyšších mastných kyselin, které nazýváme mýdla.



Mýdlo



pH mýdla v den výroby,



po 5 dnech a po 3 týdnech

12. Sublimace kofeinu z čajových lístků nebo kávy

Zadání: Provedte sublimaci kofeinu a prohlédněte produkt pod mikroskopem.

Chemikálie: lístky černého nebo zeleného čaje, káva (mletá či instantní)

Pomůcky: mikrovlnná trouba, GST sestava, žáruvzdorná destička, třecí miska s tloučkem, Petriho miska nebo velké podložní sklíčko, dvě kádinky (asi o 1 cm vyšší než GST sestava), filtrační papír, led, mikroskop

Postup:

Suché čajové lístky nebo kávu rozetřete v třecí misce na jemný prášek a dejte je do žíhacího kelímku GST formy. GST sestavu dejte do MW trouby a zapněte na maximální výkon asi na 3 min. Z kelímku by se měly uvolňovat bílé páry sublimujícího kofeinu. Po zahřátí vyjměte sestavu z trouby a na kádinky postavené po stranách formy položte nad žíhací kelímek Petriho misku (velké podložní sklo)



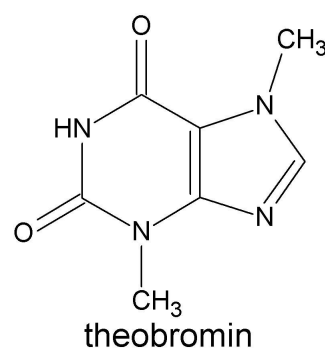
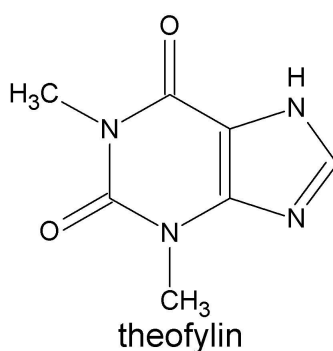
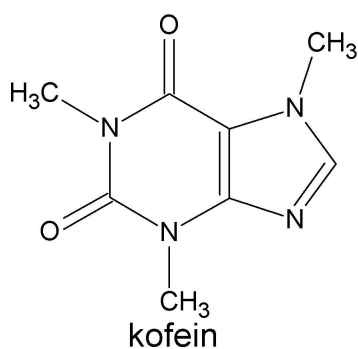
a do ní na filtrační papír kostku ledu (aby neklouzala), která bude chladit její dno. Kofein, který vysublimuje na spodní straně dna Petriho misky (podložním skle), pozorujte pod mikroskopem. Někdy kofein sublimuje už pod horním okrajem žíhacího kelímku.

Čas ohřevu formy v MW troubě je pouze orientační, doporučujeme zahřívát opakovaně, v kratších intervalech.

Pozorování a vysvětlení:

Po zahřátí formy se z čajových lístků začnou uvolňovat bílé páry kofeinu, které sublimují a usazují se na chlazeném dně Petriho misky. Na skleněném povrchu se objeví bílý nálet; při zkoumání tohoto bílého náletu pod mikroskopem (zvětšení 20 krát) pozorujeme bílé jehličkovité krystalky kofeinu.

Kofein je možné získat sublimací přímo ze suchého rostlinného materiálu. Kofein sublimuje při teplotě 160 – 165 °C. Kofein patří mezi alkaloidy s purinovým cyklem.





Krystalky kofeinu z kávy

a zeleného čaje



13. Příprava indikátorových barviv

Zadání: Připravte acidobazické indikátory a vyzkoušejte jejich vlastnosti.

Chemikálie: ftalanhydrid, fenol, resorcin, koncentrovaná kyselina sírová, ethanol, roztok NaOH

Pomůcky: mikrovlnná trouba, 2 zkumavky, kádinky, vata

Postup:

Pro přípravu fenolftaleinu odvažte 0,1 g fenolu, pro přípravu fluoresceinu 0,1 g resorcinu. Ke každé látce přidejte asi 0,3 g ftalanhydridu, směsi rozetřete a dobře promíchejte, dejte do těžkotavitelné zkumavky a na každou přikápněte 1-3 kapky koncentrované H_2SO_4 . Zkumavky uzavřete smotkem vaty, postavte do kádinky. Směsi tavně v MW troubě po dobu 15 s při maximálním výkonu (700 W). Po zchladnutí zkumavky extrahujte barviva do ethanolu a malá množství ethanolových roztoků nalijte do vody. Přidáním zásady (např. několika kapek roztoku hydroxidu sodného) dokažte přítomnost fenolftaleinu nebo fluoresceinu.

Pozorování a vysvětlení:

Tavenina fenolftaleinu má tmavě červenou až hnědou barvu. Tavenina fluoresceinu je také tmavá, na stěnách zkumavky je ale pozorovatelný světle žlutý nálet. Vzniklý fenolftalein se v zásaditém prostředí zbarví červenofialově, roztok fluoresceinu se barví žlutě, ale při pozorování ve směru kolmém na procházející světlo se proti tmavému pozadí objeví zelená fluorescence.

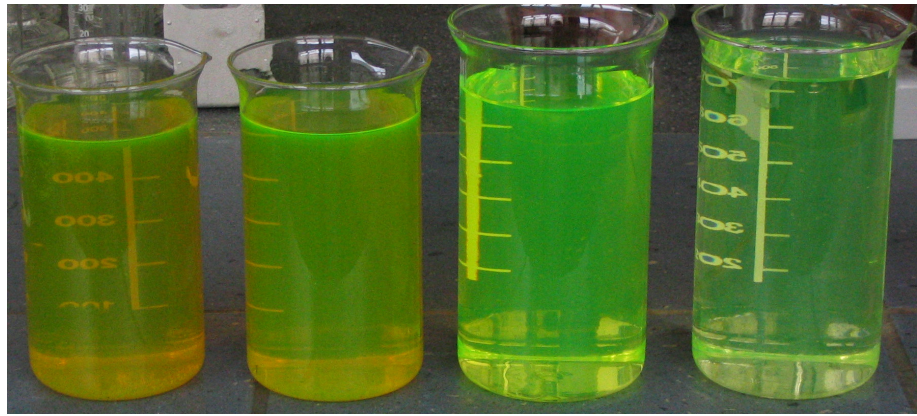
Při tavení se mohou uvolňovat bílé páry ftalanhydridu, který vře již při 131,6 °C.

H_2SO_4 působí jako katalyzátor, je hygroskopická, je třeba, aby se kapky kyseliny smísily před reakcí se směsí reaktantů. Seběmenší množství fluoresceinu se projeví fluorescencí, to je možno ověřit postupným ředěním roztoku barviva.

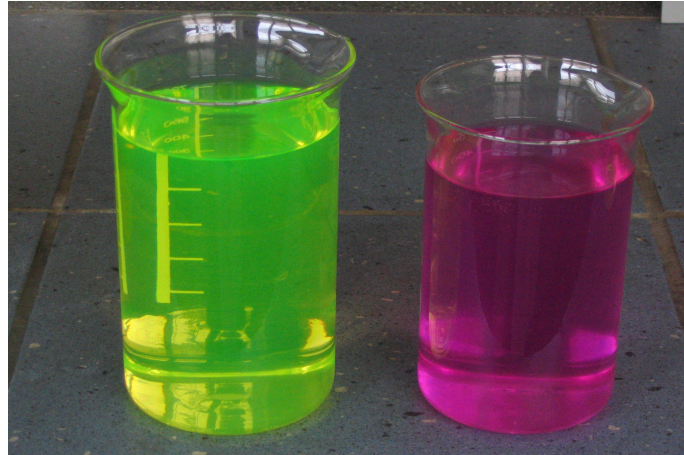
Variace: přidáním několika kapek bromu k ethanolovému roztoku fluoresceinu získáme další barvivo – eosin.

Fluorescence
roztoků:

původní roztok,
roztok po
dvojnásobném,
čtyřnásobném a
osminásobném
zředění

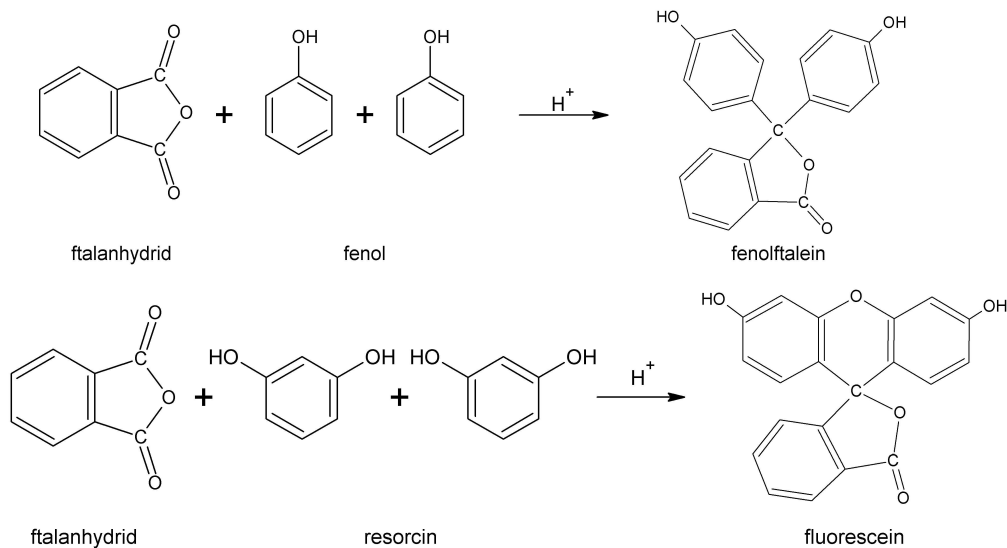


Fluorescein a fenolftalein po vytavení



Zásadité roztoky po přidání indikátorových barviv

Barviva vyrobíme reakcí ftalanhydridu s fenolem v případě fenolftaleinu a s resorcinem v případě fluoresceinu. Reakce je kyselě katalyzována:



14. Orientační analýzy obsahu a přítomnosti redukujícího sacharidu

Zadání: V mikrovlnné troubě provedte orientační analýzy redukujících sacharidů.

Chemikálie: glukosa, fruktosa, sacharosa, laktosa, škrob, Benediktovo (nebo Fehlingovo) činidlo

Na 100 cm³ Benediktova činidla:

17,3 g citronanu sodného a 10 g Na₂CO₃, při mírném zahřátí rozpustíte v 70 cm³ vody, po rozpuštění látek roztok zfiltrujte a k filtrátu za stálého míchání přilijte roztok 1,7 g CuSO₄ · 5 H₂O v 10 cm³ vody, objem nakonec doplňte na 100 cm³. Činidlo je stálé.

(Alternativně lze používat též *Fehlingovo činidlo* – viz pokus č. 3, kap.3 na str. 47)

Pomůcky: mikrovlnná trouba, 6 kádinek (100 cm³), 6 hodinových skel;

Postup:

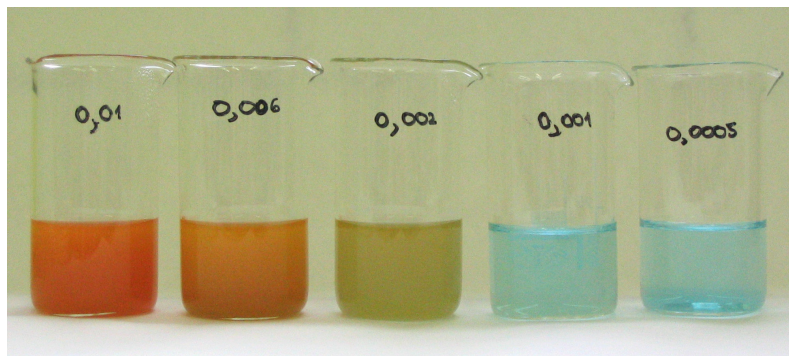
1. Připravte si sadu roztoků glukosy o koncentracích 0,01; 0,005; 0,0025; 0,001 a 0,0005 mol.dm⁻³. Do 6 kádinek nalijte vždy po 20 cm³ roztoku glukosy a přidejte po 1 cm³ Benediktova činidla. Kádinky najednou zahřívějte asi 60 s při max. výkonu, po skončení ohřevu nechte chvíli stát (3-5 min).
2. V kádinkách rozpustíte vzorek glukosy, fruktosy, sacharosy, laktosy a škrobu (asi 1 g) v 25 cm³ vody, přidejte po 1 cm³ Benediktova činidla a zahřívějte 30 – 60 s při max. výkonu (700 W).

Pozorování a vysvětlení:

1. Roztoky sacharidů mají po přidání Benediktova činidla modré zbarvení. Změna zbarvení po zahřívání se u kalibračních roztoků glukosy ustálí asi po 5 min stání. Zbarvení nejzředěnějšího roztoku zůstane modré; se zvyšující se koncentrací glukosy se zbarvení mění z modré přes zelenou, olivovou, oranžovou až do červené.
2. Přítomnost redukcujících sacharidů ve vzorcích různých sacharidů se projeví změnou zbarvení, u většiny dojde k zčervenání roztoku.

Reakcí s Benediktovým činidlem se dokazuje přítomnost redukcujících sacharidů. pozitivní reakcí je změna původně modré barvy Benediktova činidla na zelenou či oranžovou až červenou barvu. Barevné změny indikují přítomnost, ale i přibližné množství redukcujícího sacharidu.

V 1. části se vytvoří sada kalibračních roztoků o různých koncentracích glukosy



Analýza různě koncentrovaných roztoků glukosy



Provedení analýzy najednou v mikrovlnné troubě

Ve 2. části se testují různé vzorky sacharidů na přítomnost redukcujících sacharidů:

Výsledky testu:

glukosa	fruktosa	laktosa	sacharosa	škrob
+	+	+	-	+



Škrob v přítomnosti Benediktova činidla při zahřátí podléhá částečné hydrolyze na kratší řetězce glukosových jednotek (dextriny), případně až na monomery, což prokazuje mírně pozitivní reakce roztoku škrobu s Benediktovým činidlem (zelené zbarvení).



Stanovení přítomnosti redukujícího sacharidu v MW troubě

Pokusili jsme se vám v několika experimentech s využitím kuchyňské mikrovlnné trouby nabídnout a ukázat netradiční řešení otázek a problémů z každodenního života včetně takových pokusů, které by nebylo možno provádět v tradiční výuce chemie. Domníváme se, že právě prostřednictvím nových metod pro včleňování poznatků a dovedností z přírodovědných předmětů a každodenních

zkušeností studentů do obsahu učiva chemie lze ztraktivnit tento tak málo oblíbený předmět.