



Střední průmyslová škola chemická, Brno, Vranovská 65,  
Vranovská 65, 614 00 Brno

---

# **Zábavná chemie – experimenty**

Evaluační konference projektu EdTRANS

Brno, 5. 11. 2014

## Obsah

Kastle-Meyerův test na krevní skvrny .....	3
Oscilační reakce Bělousova-Žabotinského.....	4
Odhalení aktivovaného komplexu.....	6
Voděnka .....	7
Mizející voda.....	8
Příprava polyvinylalkoholového slizu.....	9
Odhalení kuřáka .....	10

# Kastle-Meyerův test na krevní skvrny

## Pomůcky

Kapátka (3 ks), filtrační papírek s krevní skvrnou a slepý test (filtrační papírek bez krevní skvrny), odpadní kádinka 250 ml.

## Chemikálie

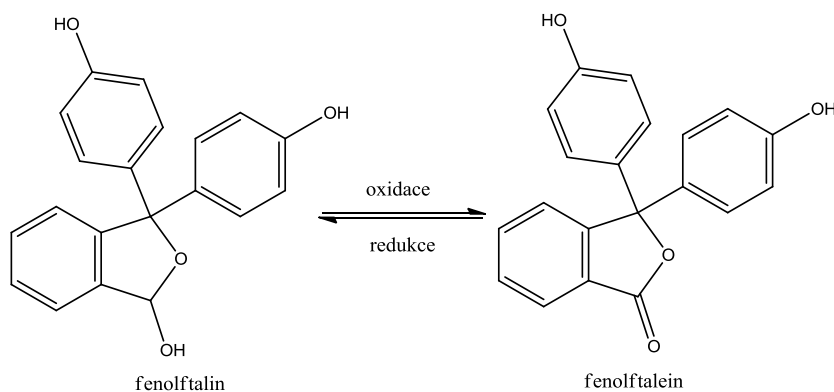
Reagent 1 (ethanol), reagent 2 (Kastle-Meyerův reagent – připraví se smísením 2 ml zásobního roztoku fenolftalinu<sup>1</sup>, 10 ml destilované vody a 2 ml ethanolu – roztok připravujeme čerstvý), reagent 3 (3% peroxid vodíku).

## Postup

- Na papírek se slepým vzorkem (voda) nanese 3 kapky reagentu 1 (ethanol), následně 2 kapky Kastle-Meyerova reagentu a vyčkáme asi 30 s. Během této doby se nesmí vytvořit růžové zbarvení. Pokud se vytvoří, existuje riziko falešně pozitivního testu a je třeba připravit nový reagent 2.
- V případě, že se netvoří zbarvení, přidáme 3 kapky reagentu 3 (peroxid vodíku).
- Totéž zopakujeme se vzorkem, který obsahuje krevní stopy. Pozitivní zkouška se projeví zrůžověním papírku.

## Vysvětlení

Hemoglobin, který obsahuje Fe(II) disponuje tzv. peroxidasovou aktivitou. Je tedy schopen rozkládat peroxid vodíku na vodu a kyslík. Uvolněný nativní kyslík během reakce oxiduje alkalický roztok redukovaného fenolftalinu zpět na fenolftalein, který nabývá v alkalickém prostředí intenzivně růžové barvy.



<sup>1</sup> Zásobní roztok fenolftalinu (redukované formy fenolftaleinu) se připraví následovně: Ve 250 ml varné baňce s kulatým dnem smísíme 2 g fenolftaleinu, 20 g KOH, 100 ml destilované vody a 20 g práškového Zn. Roztok vaříme pod zpětným chladičem 2 – 3 hodiny, dokud neztratí intenzivně růžovou barvu. Následně roztok zchladíme a dekantujeme do zásobní baňky, ve které je malé množství práškového zinku, který brání oxidaci vzniklého fenolftalinu.

# Oscilační reakce Bělousova-Žabotinského

## Pomůcky

Větší kádinka (alespoň 250 ml, dle množství i větší), odměrné válce na příslušná množství výchozích roztoků, magnetická míchačka s míchadlem.

## Chemikálie

Roztok A (38,00 g  $\text{KBrO}_3$  se rozpustí v 1 litru destilované vody), roztok B (32,00 g kyseliny malonové a 7,00 g  $\text{KBr}$  se rozpustí v 1 litru destilované vody), roztok C (10,60 g  $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}(\text{NO}_3)_6$  se rozpustí v 1 litru 2,7 M kyseliny sírové předem připravené zředěním 144,6 ml konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  v 1 litru roztoku), ferroin (0,5% vodný roztok).

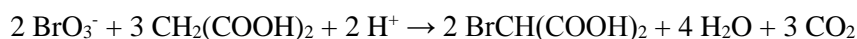
## Postup

- Do kádinky odměříme 50 ml roztoku A a 50 ml roztoku B, mícháme (magnetická míchačka, je-li k dispozici). Po uplynutí 60 vteřin přidáme 50 ml roztoku C a přibližně 0,75 ml indikátoru ferroinu.
- Po uplynutí indukční periody, kdy se reakce rozbíhá, pozorujeme chemické oscilace.
- Množství roztoků je možné měnit podle aktuálních podmínek, je však nutné zachovat poměr roztoků A, B a C a přidávat adekvátní množství indikátoru.
- Systém osciluje po dobu (nejméně) několika hodin, perioda mezi jednotlivými cykly se mění (prodlužuje) v závislosti na spotřebovávání kyseliny malonové.
- Tato reakce je velmi citlivá na kvalitu chemikálií, pokud po smíchání roztoků k oscilacím nedochází (nebo např. proběhne jediný cyklus a dále oscilace nepokračují), problém bude nejspíše v některé z výchozích látek.

## Vysvětlení

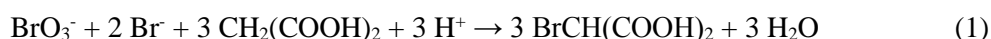
Při oscilačních reakcích dochází k periodickým změnám koncentrace jedné nebo více reakčních komponent. Obvykle se jedná o složité systémy následných reakcí, jejichž finální produkty jsou zároveň výchozími látkami pro celý cyklus, který se periodicky opakuje (osciluje). Oscilační reakce jsou v posledních desetiletích hojně studovány. Předpokládá se, že bližší pochopení jejich mechanismů napomůže bližšímu pochopení mechanismů důležitých biochemických pochodů (Krebsův cyklus, glykolýza aj.), které probíhají také oscilačně. Bělousov-Žabotinského (BŽ) oscilační reakce je jeden z nejlépe prostudovaných chemických oscilátorů.

Souhrnně je BŽ reakce oxidace organické kyseliny (v našem případě kyseliny malonové) bromičnanem za katalýzy ionty ceru. Reakci můžeme vyjádřit souhrnnou rovnicí

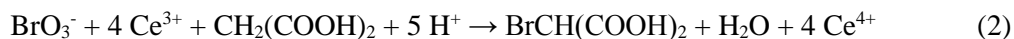


Tato rovnice ovšem nevystihuje složitý sled v systému probíhajících reakcí.

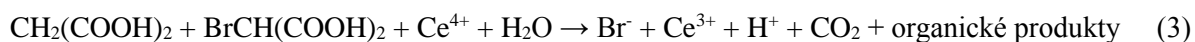
Mechanismus BŽ reakce se skládá ze tří procesů. V prvním z nich (proces 1) dochází k synproporcionační reakci bromičnanu a bromidu, vzniká brom, který bromuje kyselinu malonovou:



Jakmile dojde ke snížení koncentrace bromidových iontů, přichází na řadu druhý proces (proces 2), který produkuje ionty ceričité:



Poslední, třetí proces, regeneruje ionty cerité a uvolňuje ionty bromidové. Oba dva produkty se vracejí jako výchozí látky do procesů 1 a 2, čímž se cyklus uzavírá. Vzhledem k tomu, že při oxidaci kyseliny malonové a brommalonové může vznikat několik organických produktů, uvádíme pouze schema procesu 3:



Procesem 3 uvolňované bromidové ionty působí jako inhibitory procesu 2, proto po dostatečném zvýšení koncentrace  $\text{Br}^-$  v systému probíhá opět proces 1. Jakmile se „zásoba“  $\text{Br}^-$  vyčerpá, může probíhat proces 2, posléze se regeneruje katalyzátor procesem 3, který odstartuje další proces 1 atd.

Dlužno podotknout, že samotné procesy 1, 2 a 3 se skládají z několika dílčích reakcí probíhajících přes řadu meziproductů, z nichž mnohé se podařilo v reakčním systému experimentálně prokázat.

Samotné oscilace, tj. změny koncentrace reaktantů, můžeme pozorovat díky přítomnosti redoxního indikátoru ferroinu (roztok síranu tris(1,10-fenanthrolin)železnatého). Pokud v systému vzniká  $\text{Ce}^{4+}$  (proces 2), dochází zároveň k oxidaci  $\text{Fe}^{\text{II}}$  ferroinu na  $\text{Fe}^{\text{III}}$ , což se projevuje změnou barvy roztoku z červené ( $\text{Fe}^{\text{II}}$ ) na modrou ( $\text{Fe}^{\text{III}}$ ). Naopak při regeneraci  $\text{Ce}^{3+}$  se  $\text{Fe}^{\text{III}}$  redukuje zpět na  $\text{Fe}^{\text{II}}$  a obnovuje se červené zbarvení. Výsledné okamžité zbarvení roztoku není dáno pouze zbarvením indikátoru, ale složením barvy indikátoru s barvami reagujících látek ( $\text{Ce}^{4+}$  je žlutý).

## Odhalení aktivovaného komplexu

### Pomůcky

Kahan, trojnožka se síťkou, kádinka 250 ml, teploměr, odměrný válec 50 ml, kapátko.

### Chemikálie

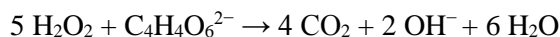
Chlorid kobaltnatý hexahydrát  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  4% roztok, vinan sodno-draselný tetrahydrát (Rochellova sůl)  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  8% roztok, peroxid vodíku  $\text{H}_2\text{O}_2$  6% roztok.

### Postup

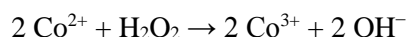
- Do 250ml kádinky si odměříme 60 ml roztoku vinanu sodno-draselného a přidáme 20 ml roztoku peroxidu vodíku.
- Směs zahřejeme na síťce na teplotu cca 75 °C. Při této teplotě by se mělo projevit slabé vyvíjení plynu (oxid uhličitý, na který je vinan oxidován peroxidem vodíku). Míchání roztoku vývoj oxidu uhličitého zrychlí.
- Najednou přidáme roztok chloridu kobaltnatého, jehož původně růžová barva se okamžitě změní na zelenou a následuje bouřlivý vývoj oxidu uhličitého.
- Po skončení reakce se kobaltnaté ionty vyváží ze zeleného komplexu a roztok znovu zružoví.

### Vysvětlení

Souhrnná oxidace vinanu peroxidem vodíku se dá vyjádřit rovnicí:



Tato reakce je katalyzována kobaltitými ionty  $\text{Co}^{3+}$ , které vznikají v důsledku oxidace iontů kobaltnatých peroxidem vodíku:



Kobaltité ionty tvoří aktivovaný komplex s ionty vinanovými, čímž urychlují jejich oxidaci na oxid uhličitý. Vzniklý aktivovaný komplex má zelenou barvu. Po dokončení oxidace je kobaltitý ion vyvážen z komplexu s vinanem a zároveň redukován v alkalickém prostředí zpět na kobaltnaté ionty, což způsobí zpětné zružování roztoku.

## Voděnka

### Pomůcky

Plechovka s provrtaným dnem, zátku pasující do provrtaného dna, kus lepenky s otvorem na hadici, hadice, odsávací baňka se zátkou, lžička, špejle.

### Chemikálie

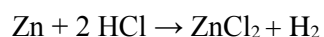
Zinek Zn granulovaný, kyselina chlorovodíková HCl 20%.

### Postup

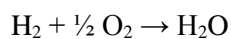
- Do odsávací baňky dáme několik granulí zinku a odsávací baňku spojíme s otvorem v lepence, která stojí na trojnožce.
- Na lepenku s hadicí umístíme otevřenou stranou plechovku, která má nahoře provrtaný otvor se zátkou.
- Do odsávací baňky nalijeme několik mililitrů kyseliny chlorovodíkové a okamžitě uzátkujeme, aby vznikající plyn proudil do plechovky.
- Po několika sekundách plnění plechovky hadicí od lepenky odpojíme a baňku s kyselinou chlorovodíkovou uklidíme do dostatečné vzdálenosti od zdrojů ohně.
- Zapálíme si špejli, plechovku odzátkujeme a po asi 1 sekundě po odzátkování přiložíme hořící špejli. Dojde k ohlušujícímu zvukovému efektu.

### Vysvětlení

Reakce zinku, jakožto neušlechtilého kovu, s kyselinou chlorovodíkovou poskytuje vodík:



Vodík, který je v plechovce smíšený se vzduchem tvoří tzv. třaskavý plyn, který po iniciaci plamenem hoří na vodu:



## Mizející voda

### Pomůcky

Několik (4 – 6 ks) kelímků od kávy, lžička.

### Chemikálie

Polyakrylát sodný (instantní sníh), voda.

### Postup

- Do jednoho kelímku před provedením pokusu nasypeme lžičku instantního sněhu.
- Následně do všech kelímků přidáme 20 – 30 ml vody a postupně na stole sléváme dohromady za současného zaměňování pořadí kelímků, ale vždy tak, abychom jednou za cca 10 sekund do kelímku s polyakrylátem sodným nalili další vodu.
- Po nalití vody do kelímku s polyakrylátem s ním vždy lehce zamícháme, aby se obsah promíchal a tuhnul.
- K překvapení publika po slití veškeré vody do kelímku s polyakrylátem složíme kelímky na sebe a otočíme vzhůru nohama. Voda nevyteče.

### Vysvětlení

Polyakrylát sodný ( $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{COO}^-\text{Na}^+)-$ )<sub>n</sub> je polymer (polyelektrolyt), který má schopnost absorbovat vodu v množství 200 až 300 násobku své vlastní hmotnosti. Podle poměru pak vzniká buď pevná hmota (jako v dětských plenkách, kde se používá jako absorbent) nebo hmota podobná sněhu.



# **Příprava polyvinylalkoholového slizu**

## **Pomůcky**

Kádinka 150 ml, tyčinka.

## **Chemikálie**

Lepidlo Herkules, borax (2,5% roztok).

## **Postup**

- V kádince si připravíme roztok 20 ml lepidla Herkules s 20 ml vody.
- Tuto směs dobře promícháme a poté pomalu přidáváme 2,5% roztok boraxu, dokud hmota nezíská slizovitou konzistenci.
- Zkoumáme vizuálně i hmatově.

## **Vysvětlení**

Tetraboritanové jednotky boraxu mají dobrou schopnost tvořit síťovitý polymer slizovité konzistence s polyvinylalkoholem, který je obsažený v lepidle Herkules.

# Odhalení kuřáka

## Pomůcky

Zkumavka, kádinka 50 ml, kapátko, zátka na zkumavku.

## Chemikálie

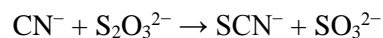
FeCl<sub>3</sub> (10% roztok), kyselina chlorovodíková (10% roztok).

## Postup

- Požádáme osobu asi o 1 ml slin, které v kádince smícháme 1:1 s vodou. "
- Ke zředěným slinám přidáme asi jednu kapku 10% HCl a 1-2 kapky 10% FeCl<sub>3</sub>. Promícháme a pozorujeme (v případě kuřáka/čky) změnu zbarvení do červené.

## Vysvětlení

Spalováním tabáku v cigaretách vzniká mj. i kyanovodík (potažmo kyanidy), proto se tělo kuřáka/ačky musí s touto „chronickou otravou“ vyrovnávat metabolickými drahami. Takovou metabolickou drahou je např. přeměna kyanidu na thiokyanatan (rhodanid) enzymem rhodanasou (EC: 2.8.1.1, thiosulfatsulfurtransferasa), který katalyzuje přeměnu:



Z tohoto důvodu je obsah thiokyanatanů (rhodanidů, SCN<sup>-</sup>) ve slinách kuřáka/ačky asi 3× vyšší (asi 0,01%) oproti nekuřákovi/ačce (0,003%). Zvýšenou koncentraci lze dokázat ve slinách pomocí železitých iontů, se kterými rhodanidy tvoří krvavě červené, při nižších koncentracích načervenalé, zbarvení:

