

# Vybrané chemické pokusy z organické a anorganické chemie

Doc. RNDr. Marie Solárová, Ph.D.  
Ostravská Univerzita, Přírodovědecká fakulta

## 1. Rozlišení aldehydické a ketonické skupiny

**Chemikálie:** 2,4 – dinitrofenylhydrazin, aceton, benzaldehyd, konc. HCl, HCl ( $c = 2 \text{ M}$ )

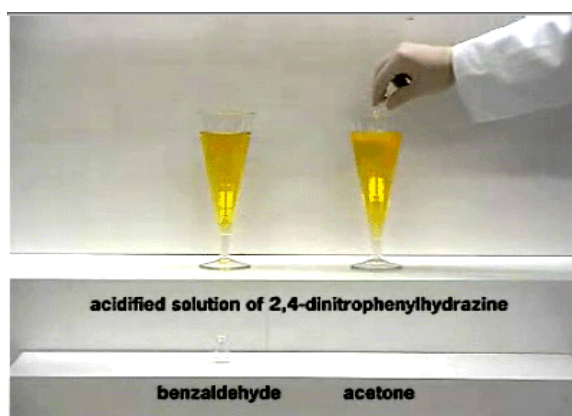
**Potřeby:** 2 kádinky ( $350 \text{ cm}^3$ ) – sklenice (viz obrázek), kádinka ( $800 \text{ cm}^3$ ), 2 skleněné tyčinky, 2 malé kádinky ( $10 \text{ cm}^3$ ).

### **Příprava roztoků:**

1,2 g 2,4 – dinitrofenylhydrazinu se rozpustí ve  $12 \text{ cm}^3$  koncentrované HCl. Vzniká světle žlutý roztok, který se míchá do zhoustnutí. Potom se přilije  $600 \text{ cm}^3$  zředěné HCl ( $c = 2 \text{ M}$ ) za neustálého míchání.

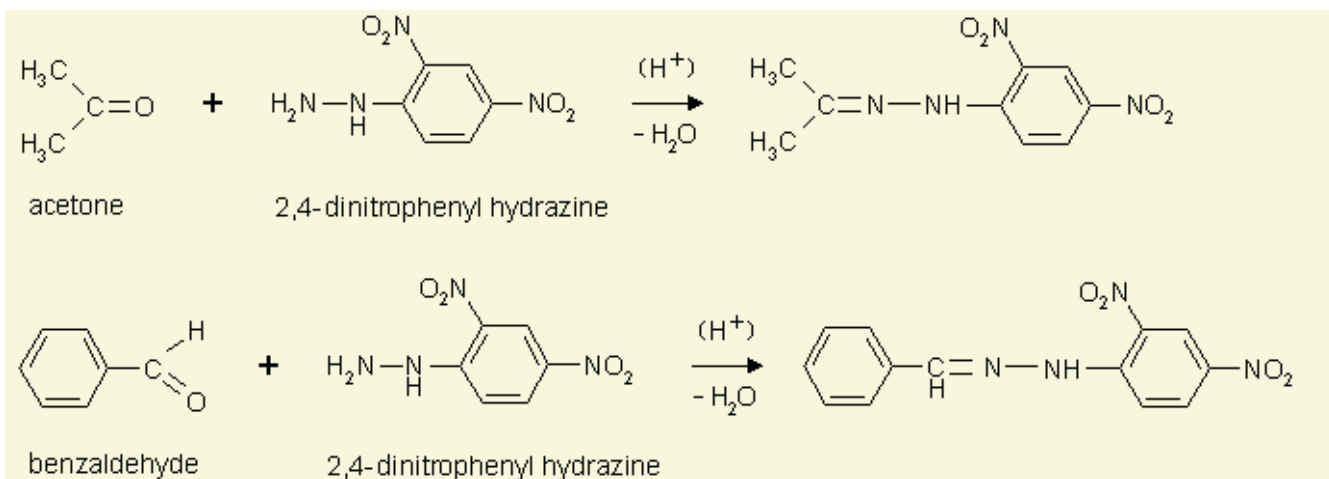
### **Postup:**

2 kádinky naplníme po  $300 \text{ cm}^3$  roztoku dinitrofenylhydrazinu v kyselině chlorovodíkové. Do jedné baňky opatrně přilijeme  $10 \text{ cm}^3$  acetonu a do druhé  $10 \text{ cm}^3$  benzaldehydu.



**Výsledek:**

Po přidání acetonu okamžitě vznikají žluté krystaly, po přidání benzaldehydu vznikají krystaly oranžové. Vznik těchto sraženin dokazuje přítomnost aldehydicke a ketonické skupiny, které reagují s dinitrofenylhydrazinem podle rovnic:



Pozitivním testem je vznik žlutých (menších), oranžových nebo červených (větších) krystalů.



## 2. Keto- a enol- tautomerie acethylacetonu

**Chemikálie:** acetylaceton, ethanol (95procentní), Br - voda,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

**Pomůcky:** 1odměrná baňka (500 cm<sup>3</sup>), 1 skleněná tyčinka, 1 kádinka (300 cm<sup>3</sup>), 1 kádinka (20 cm<sup>3</sup>), pipeta (10 a 2 ml), 1 odměrný válec 100 cm<sup>3</sup>

**Příprava roztoků:**

**Bromová voda** – 6g Br<sub>2</sub> rozpustit ve 300 ml destilované vody

**Postup:**

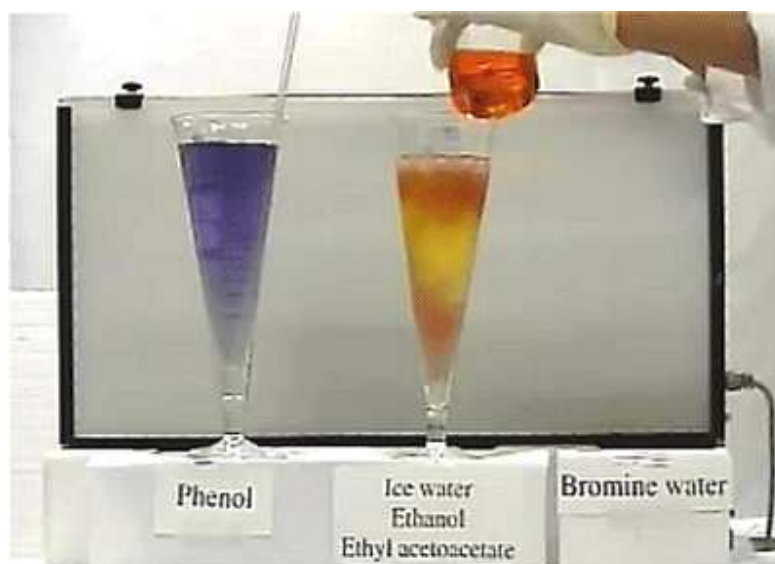
Do baňky dáme 400 cm<sup>3</sup> ledové vody, 20 cm<sup>3</sup> ethanolu a 1 cm<sup>3</sup> acetylacetonu. Obsah baňky smícháme s 10 cm<sup>3</sup> roztoku chloridu železitého. Přidáme bromovou vodu, zamícháme a pozorujeme.

**Výsledek:**

Roztok změní barvu na červenofialovou. Červenofialová barva v baňce se objevuje po přidání bromové vody. Roztok se mění odbarví v nadbytku bromu.

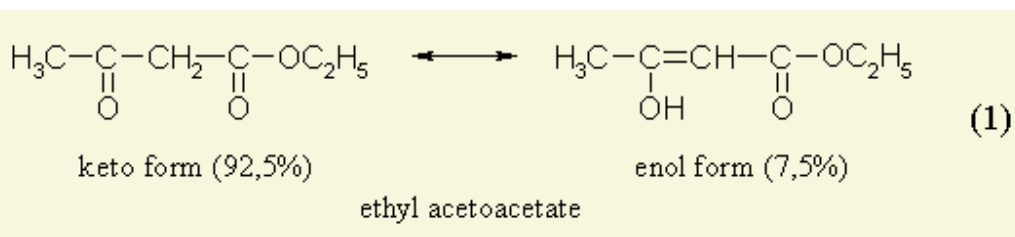
Po několika sekundách zežloutne a potom opět přechází opět na červenofialovou.

**Poznámka:** Pro srovnání lze demonstrovat i reakci fenolu s chloridem železitým (modrofialová barva), ale není nutné – viz jedovatost fenolu!

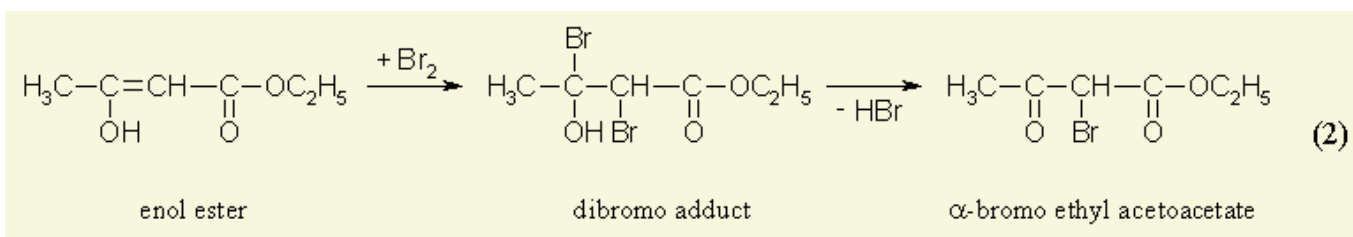


**Diskuse:**

- Jedná se o vznik barevných Fe (III) komplexů (fenol i acethylaceton).
- Acetylaceton existuje v roztoku v keto a enol formě (1)



- $\text{FeCl}_3$  působí jako indikátor enol formy, která je reaktivnější a vytváří v acetylacetonu červenofialový komplex.
- Jestliže se k roztoku  $\text{FeCl}_3$  a acetylacetonu přidá bromová voda, dochází k spontánnímu odbarvování roztoku. Enolforma přechází působením bromu na  $\alpha$ -Bromo ethylester acetylacetonu (2).



- Enol forma přechází na keto formu. Když brom je zcela navázán, barva Fe(III) komplexu se pomalu znovu mění.

### 3. Duha z rajčatové šťávy

**Chemikálie:** nasycený roztok bromové vody, rajčatová šťáva (nejlíp zahuštěná na vodní lázni)

**Pomůcky:** odměrný válec 100 ml, 2 kádinky 150 ml, skleněná tyčinka

**Postup:**

Asi 75 ml rajčatové šťávy nalijeme do válce o objemu 100 ml a přidáme takové množství bromové vody, která představuje zhruba 15% objemu rajčatové šťávy. Směs ve válci mírně promícháme tyčinkou a během jedné minuty proběhne reakce, při níž se vytvoří duhový efekt, který trvá až několik hodin.

**Diskuse:**

Výsledný duhový efekt je závislý na vzrůstajícím množství bromové vody a na způsobu míchání. Lykopen absorbuje světelné záření v oblasti modrozelené části spektra. Jestliže jsou dvojně vazby v řetězci napadeny bromem, a ten se na řetězec aduje, změní se i délka vazeb, vlnová délka pohlcovaného záření se také změní a absorpce světla se posouvá do dalších částí spektra. To se projeví změnou zabarvení směsi, až se případně koloid může stát bezbarvým.

### 4. Chemiluminiscence

**Chemikálie:** fluorescein, luminol,  $\text{H}_2\text{O}_2$  (30%),  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$

**Pomůcky:** skleněná spirála se skleněnou nálevkou, zastavovací kohout v dolní části spirály (viz obrázek), 2 dělicí nálevky, 4 Erlenmayerovy baňky ( $200 \text{ cm}^3$ ), odměrná baňka ( $100 \text{ cm}^3$ ), 2 kádinky ( $200 \text{ cm}^3$ )

**Bezpečnostní upozornění:**



Peroxid vodíku (30%) je toxický, korozivní. Může způsobit vážné popáleniny. Při vstříknutí do očí může způsobit jejich poranění až slepotu. Nebezpečný při inhalaci, požití a kontaktu s kůží.

### **Příprava roztoků:**

**Roztok A** – 0,4 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  rozpustíme v  $60 \text{ cm}^3$  destilované vody , přidáme 0,2 g luminolu. Mícháme do rozpuštění. Potom přidáme 2,4 g  $\text{NaHCO}_3$ , 5 g  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  a 0,4 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ . Opět mícháme do rozpuštění. Roztok doplníme do  $100 \text{ cm}^3$ .

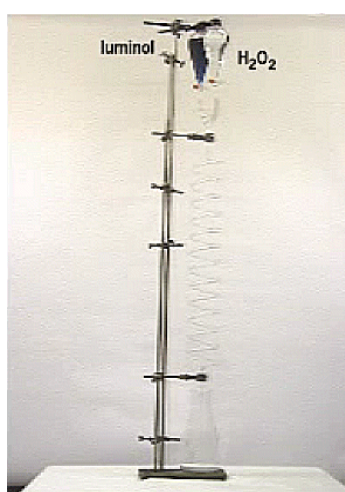
**Roztok B**:  $6 \text{ cm}^3$  30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  smícháme s  $95 \text{ cm}^3$  destilované vody

**Roztok C**: 0,1 g fluoresceinu přidáme k  $100 \text{ cm}^3$  destilované vody a promícháme.

### **Postup:**

#### ***Modrý roztok***

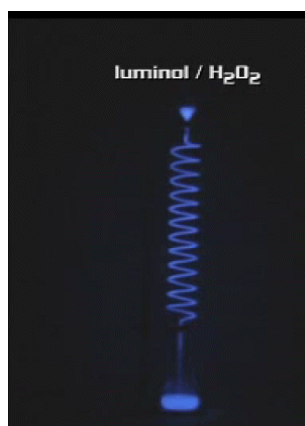
Skleněnou spirálu umístíme na stojan do vertikální polohy. Dvě dělicí nálevky s roztoky A a B umístíme u ústí chladiče (viz obrázek).



Zatemníme místnost. Otevřeme kohouty dělicích nálevek a roztoky necháme stékat ve spirále chladiče. Pod spirálou umístíme Erlenmayerovu baňku na zachytávání roztoků procházejících spirálou.

#### ***Zelený roztok***

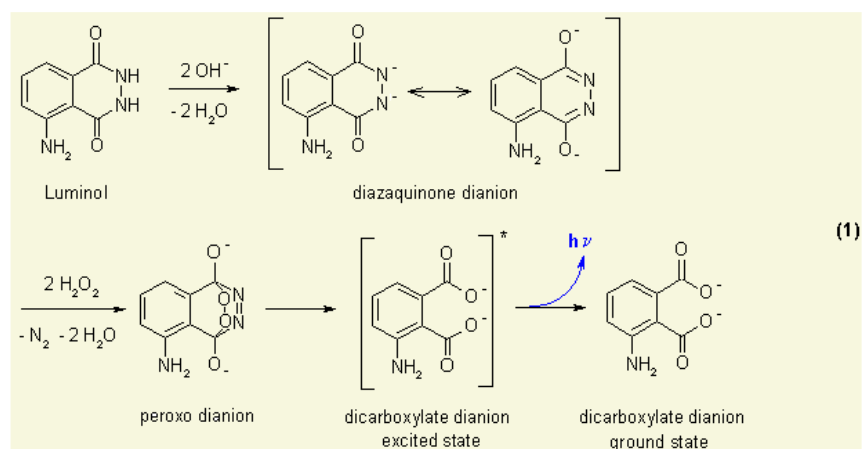
Smícháme roztok A s roztokem C v objemovém poměru 1 : 1 a postupujeme stejně jako v předcházejícím případě.





### Diskuse:

- Chemiluminiscence je vyzařování světla během chemické reakce. Světlo z reakce se nazývá “studené” světlo, protože vzniká bez zahřívání. Luminol (5-amino-2,3-dihydro-1,4-phthalazinedione) produkuje excitované molekuly, které emitují světlo.
- Luminol v zásaditém prostředí ( $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ) umožňuje oxidaci diazoniové skupiny peroxidem vodíku. Oxidace je katalyzovaná ionty  $\text{Cu}^{2+}$ . Rozklad peroxidu vodíku způsobuje excitaci iontů (1) za vzniku stabilního stavu. Fluorescein je využíván jako přenašeč energie pro zvýšení efektu luminiscence.



## 5. Kola a pivo, prosím

**Chemikálie:**  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ,  $\text{KIO}_3$ ,  $\text{HIO}_3$ , ethanol,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (30%), rozpustný škrob, saponát

**Pomůcky:** láhev od Coca Coly ( $1,5 \text{ dm}^3$ ), pivní sklenice ( $1 \text{ dm}^3$ ), 2 odměrné baňky ( $1 \text{ dm}^3$ ), 2 kádinky  $500 \text{ cm}^3$ , 3 kádinky ( $50 \text{ cm}^3$ ), 3 kádinky ( $40 \text{ cm}^3$ ), kalibrační pipety

### Bezpečnostní upozornění:



$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  může způsobit podráždění a být škodlivý při polknutí, může způsobit alergické reakce na kůži a dráždit oči. Při přípravě a manipulaci s roztokem se musí používat ochranné brýle.

### Příprava roztoků:

#### Coca Cola:

**Roztok A:** 0,5 g škrobu se rozpustí v kádince s  $50 \text{ cm}^3$  vařící vody

**Roztok B:** 2,5 g  $\text{HIO}_3$  se rozpustí v  $50 \text{ cm}^3$  kádince obsahující  $50 \text{ cm}^3$  destilované vody

**Roztok C:** 0,85 g  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  se rozpustí v  $50 \text{ cm}^3$  destilované vody

#### Pivo:

**Roztok D:** 2,15 g  $\text{KIO}_3$  se rozpustí v destilované vodě a doplní na objem  $1000 \text{ cm}^3$ . **Roztok E:** 0,48 g  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  se rozpustí v destilované vodě a doplní na objem  $1000 \text{ cm}^3$ . Přidá se  $5 \text{ cm}^3$  ethanolu a  $9 \text{ cm}^3$  30%  $\text{H}_2\text{SO}_4$

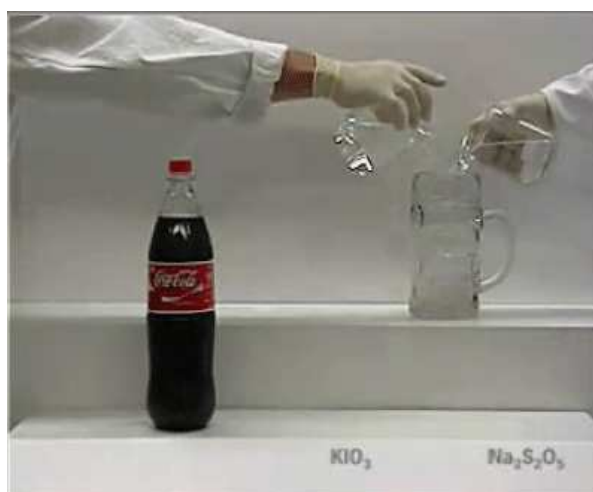
### Postup:

#### CocaCola:

Láhev Coca Coly je naplněna  $1410 \text{ cm}^3$  destilované vody. Přidáme  $15 \text{ cm}^3$  roztoku A,  $30 \text{ cm}^3$  roztoku B a  $30 \text{ cm}^3$  roztoku C. Láhev se zazátkuje a protřepe.

#### Pivo:

Do pivní sklenice dáme na dno několik  $\text{cm}^3$  dobře pěnivého saponátu a přidáme současně po  $500 \text{ cm}^3$  roztoku D a roztok E.





## 6. Hořící gel

**Chemikálie:**  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ , fenolftalein,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$

**Pomůcky:** trojnožka, síťka, kádinky, zápalky

### Postup:

- V kádinkách si připravíme následující roztoky:
  - A:** Ve  $150\text{ cm}^3$  kádince rozpustíme 4 g octanu vápenatého v  $13\text{ cm}^3$  vody. Vzniká nasycený roztok. Přidáme několik kapek zředěného roztoku hydroxidu sodného.
  - B:** Do druhé kádinky nalijeme  $100\text{ cm}^3$  ethanolu a  $1\text{ cm}^3$  indikátorového roztoku fenolftaleinu.
- Roztok **B** prudce nalijeme do roztoku **A** a pozorujeme. Po chvíli gel na povrchu zapálíme hořící špejlí.

### Poznámky:

- Octan vápenatý je látka málo rozpustná v ethanolu. Proto přilitím ethanolu do nasyceného roztoku octanu vápenatého vzniká gel. Růžovou barvu gelu způsobuje fenolftalein v zásaditém prostředí hydroxidu sodného.
- Plamen uhasíte přiložením síťky na kádinku. Gel je možno zapálit znovu i po několika dnech.
- Kádinka se během hoření gelu zahřívá. Pozor na popálení!



## ŽÁKOVSKÉ POKUSY

### 1. Rozlišení aldehydické a ketonické skupiny

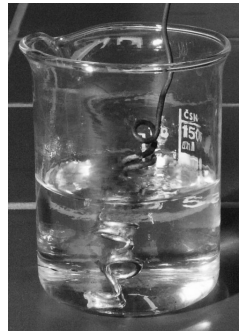
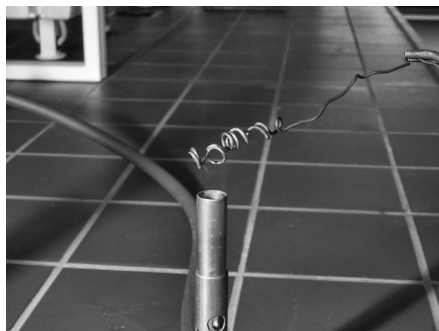
**Pomůcky:** měděná spirála, kahan

**Chemikálie:**  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ , roztok 2,4 – dinitrofenylhydrazinu v  $\text{HCl}$



**Postup:**

Měděnou spirálu vložte do nejvýhřevnější části kahanu a rozžhajte ji. Rozžhavenou spirálu nechte mírně vychladnout (pokryje se vrstvičkou černého oxidu měďnatého) a vložte do zkumavky s 5 cm<sup>3</sup> ethanolu. **Pozor na vznícení ethanolu!** Měděnou spirálu vyjměte z roztoku a opět rozžhajte nad plamenem kahanu. Tento postup opakujte přibližně desetkrát



Při reakci se ethanol oxiduje na acetaldehyd. Vzniklý acetaldehyd indikujte přidáním 2 cm<sup>3</sup> roztoku 2,4 - dinitrofenylhydrazinu v HCl, popř. Schiffovým činidlem.

## 2. Sloní pasta

**Chemikálie:** 10% (30%) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, saponát, potravinářské barvivo, nasycený roztok KI.

**Pomůcky:** Odměrný válec, filtrační papír

**Postup:**

Do odměrného válce vlijte 4 cm<sup>3</sup> 10% (30%) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 2 ml saponátu – promíchejte. Přidejte pár kapek potravinářského barviva, které necháme stékat po stěně válce. Potom opatrně přidejte 4 cm<sup>3</sup> nasyceného roztoku KI.

Válec ještě před pokusem umístěte na filtrační papír, aby nedošlo ke znečištění demonstračního stolu.



### 3. Vybrané pokusy z domácích chemikálií – mléko

#### A. Přítomnost vody v mléce

**Chemikálie:** mléko,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  (popř. bezvodý  $\text{CuSO}_4$ ),  $\text{CoCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ , ethanol

**Pomůcky:** stolní vařič (kahan, stojan, síťka), 2 sklenice (kádinky) na mléko, kádinka ( $100 \text{ cm}^3$ ), Petriho miska .

**Roztoky:** 5 g  $\text{CoCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  rozpustíme v  $60 \text{ cm}^3$  99% ethanolu.

#### **Postup:**

Na Petriho misce zahřejte modrou skalici do zbělání (za neustálého míchání), popř. použijte přímo bezvodý síran měďnatý. Dvě sklenice (kádinky) naplňte mlékem. Do první sklenice přidejte dvě lžičky bezvodého síranu měďnatého a zamíchejte. Do druhé sklenice přidejte ethanolický roztok kobaltnaté soli.

#### **Výsledek:**

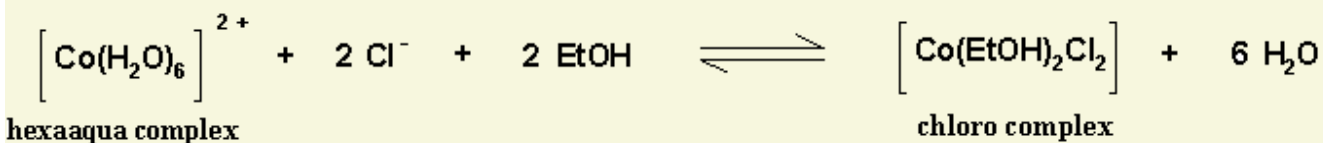
Mléko v první sklenici je zelenomodré, ve třetí zruřoví.

#### **Diskuse:**

Bezvodý síran měďnatý odebere z mléka vodu a mění se na modrý pentahydrát. Hexahydrát chloridu kobaltnatého v roztoku ethanolu vytváří chloridový komplex, který se ve vodě mění na hexaaquakomplex, který je růžový. Změnu barvy ve vodě lze dokázat i na kontrolním roztoku  $\text{Co}^{2+}$  soli – přidáním vody zruřoví. Mléko obsahuje 87 % vody. Voda slouží jako:

- rozpouštědlo pro proteiny, laktosu, minerály a vitamíny rozpustné ve vodě (např. B<sub>2</sub> – laktoflavin)
- jako rozptylující činidlo pro tuky a kasein
- jako prostředí chemických reakcí





## B. Důkaz laktosy a kaseinu

**Chemikálie:** mléko, ocet, NaOH, CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O

**Pomůcky:** kádinka, trojnožka, síťka, skleněná tyčinka, gáza, filtrační aparatura, univerzální pH papír

### Postup:

Do kádinky dejte 40 cm<sup>3</sup> mléka, přidejte cca 10 kapek octu a zamíchejte. Pozor, v nadbytku kyseliny se sraženina opět rozpouští. Mléko zahřejte na 50° C a vzniklou sraženinu přes gázu přefiltrujte. Filtrát zalkalizujete přebytkem roztoku hydroxidu sodného do zásadité reakce (univerzální pH papír), potom přidejte roztok síranu měďnatého a zahřejte. Vzniká oxid měďný, protože laktóza je redukující disacharid.

Zároveň proveďte se sraženinou důkaz na kasein (bílkovina). Přidáte-li k sraženině kaseinu roztok hydroxidu sodného a síranu měďnatého, vzniká fialový biuret.

**Poznámka:** Oba pokusy lze spojit v jeden – pokus B lze provádět s první sklenicí mléka v pokusu A.

## 4. Vybrané pokusy z domácích surovin

### A. Důkaz amylosy v pudingu

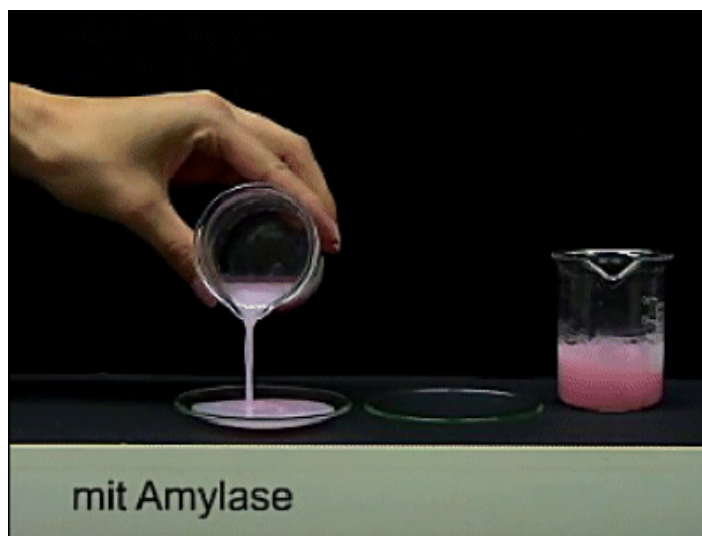
**Chemikálie:** prací prášek s amylasou, pudingový prášek, Fehlingův roztok (Fehling I a Fehling II).

**Pomůcky:** vařič, kádinka (100 cm<sup>3</sup>), 2 hodinová sklíčka (d = 8 cm), míchací tyčinka

### Postup:

Rozmíchejte 4 g pudingového prášku se 2 polévkovými lžicemi vody a přidejte do kádinky se 50 cm<sup>3</sup> vařící vody. Zamíchejte, nechte krátce povařit. Přidejte cca 2 lžičky pracího prášku a nechte ochladit na pokojovou teplotu.

Po 10 minutách přidejte 50 cm<sup>3</sup> Fehlingova roztoku (vzniklého smícháním roztoku Fehling I a Fehling II) a nechte povařit. Přítomnost glukosy se projeví zčervenáním roztoku (Cu<sub>2</sub>O).



### **Diskuse:**

- Amylasy obsažená v pracím prášku štěpí škrob na glukosu, kterou dokážeme
- Pokus lze provádět i s jinými potravinami (popř. jinými výrobky), u kterých předpokládáme přítomnost škrobu.

### **B. Důkaz škrobu v pudingu**

**Chemikálie:** puding, Lugolův roztok

**Pomůcky:** Petriho miska, skleněná tyčinka

**Postup:**

K uvařenému vodnému roztoku pudingu (viz pokus A) přidejte pár kapek Lugolova roztoku po tyčince. Vzniká typické modré zbarvení – důkaz škrobu.

**Diskuse:**

Pokus lze provádět i s jinými potravinami (popř. jinými výrobky), u kterých předpokládáme přítomnost škrobu.

### **5. Důkaz ethanolu v kapalinách**

**Chemikálie:**  $K_2CO_3$ , vzorky obsahující  $CH_3CH_2OH$ , indikátorový papírek, fenolftalein

**Pomůcky:** zkumavky, odměrný válec, lžička, gumová zátka

**Postup:**

Z roztoku vzorku odměřte 5 cm<sup>3</sup>, přidejte jednu kapku roztoku fenolftaleinu a dvě malé lžičky uhličitanu draselného. Zkumavku zazátkujte a protřepejte. Nechejte usadit a pozorujte. V odměrném válci změřte objem etanolové vrstvy.

**Poznámka:**

Podobný postup volte pro všechny vzorky. Pokud nebudete pozorovat změnu, přidejte tolik uhličitanu draselného, aby zůstala část z něho nerozpuštěná na dně zkumavky.

### **6. Hoření ethynu**

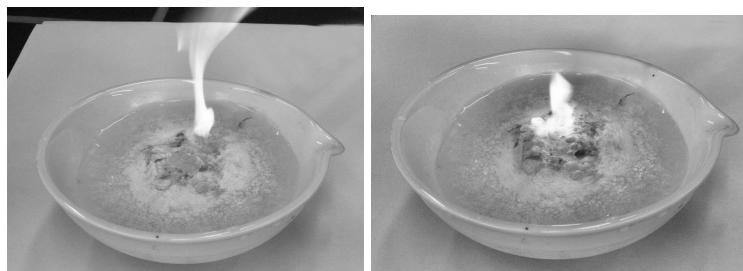
**Chemikálie:**  $CaC_2$ , mýdlová voda

**Pomůcky:** porcelánová miska, špejle

**Postup:**

Do porcelánové misky vložte karbid vápníku velikosti hrachu. Zalijte 100 cm<sup>3</sup> mýdlové vody (pokus je možno realizovat i vozením karbidu do mýdlové vody). Když začne pokus probíhat a na povrchu vznikají mýdlové bublinky, přiložte k nim doutnajícím špejli.

Vzniklý acetylen ve směsi se vzduchem vybuchuje – dojde k nedokonalému spalování.





## 7. Důkaz nenasyčenosti vazeb v olejích

**Pomůcky:** zkumavky

**Chemikálie:** olej, Br-voda, Lugolův roztok (roztok  $I_2$  v KI), škrobový maz (1% roztok)

**Postup:**

**A**

3 cm<sup>3</sup> oleje protřepejte s dvojnásobným množstvím bromové vody. Projeví se změna zabarvení - bromová voda se odbarví.



**Diskuse:**

- Olej obsahuje ve zbytku vyšších mastných kyselin násobné vazby a protřepáním s bromovou vodou dochází k bromaci.

## **B**

- 5 cm<sup>3</sup> rostlinného oleje s 5 kapkami Lugolova roztoku protřepejte a přidejte 1 cm<sup>3</sup> studeného škrobového mazu.
- Modré zbarvení mizí v důsledku adice jodu na nenasycenou mastnou kyselinu.

### **8. Prsten na niti**

**Pomůcky:** prsten nebo kancelářská sponka, bavlněná nit, stojan, držák na stojan

**Chemikálie:** NaCl

**Postup:**

Bavlněnou nit povaříme v koncentrovaném roztoku NaCl a necháme vysušit. Potom připneme na stojan, přivážeme na druhý konec prsten nebo kancelářskou sponku a nit zapálíme. Nit shoří, ale krystalky udrží prsten v původním stavu.



### **9. Feroxylový gel (koroze železa)**

**Složení:** 100 ml destilované vody, 8 – 15 g želatiny, 6 – 10 kapek koncentrovaného roztoku hexakvanoželezitanu draselného, 4 – 10 kapek fenolftaleinu, 10 g NaCl.

**Postup:** Připravíme 200 ml želatiny (příprava stejná, jako želatina „v kuchyni“ – rozpuštění v horké vodě – **NEVAŘIT!**) Do horkého roztoku želatiny přidáme další ingredience. Nadbytečné množství gelu je možné po opětovném zahřátí znovu rozpustit a použít. Pro vlastní experiment se doporučuje použít klasické ocelové hřebíky, které zdrsníme na povrchu smirkovým papírem a dokonale



odmastíme roztokem NaOH. Je vhodné hřebíky tvarovat, aby bylo možné demonstrovat vliv různých faktorů na korozi – narušení struktury materiálu, kompaktnost povrchu součástky apod. Petriho misku naplníme do poloviny připraveným roztokem, ponoříme hřebíky (nesmějí se vzájemně dotýkat!) a doplníme tolik roztoku, aby hřebíky byly úplně ponořeny (zabránění přístupu vzdušného kyslíku).



## 10. Duha z rajčatové šťávy

**Chemikálie:** nasycený roztok bromové vody, rajčatová šťáva (nejlíp zahuštěná na vodní lázni)

**Pomůcky:** odměrný válec 100 ml, 2 kádinky 150 ml, skleněná tyčinka

### **Postup:**

Asi 75 ml rajčatové šťávy nalijeme do válce o objemu 100 ml a přidáme takové množství bromové vody, která představuje zhruba 15% objemu rajčatové šťávy. Směs ve válci mírně promícháme tyčinkou a během jedné minuty proběhne reakce, při níž se vytvoří duhový efekt, který trvá až několik hodin.

### **Diskuse:**

Výsledný duhový efekt je závislý na vzrůstajícím množství bromové vody a na způsobu míchání. Lykopen absorbuje světelné záření v oblasti modrozelené části spektra. Jestliže jsou dvojně vazby v řetězci napadeny bromem, a ten se na řetězec aduje, změní se i délka vazeb, vlnová délka pohlcovaného záření se také změní a absorpce světla se posouvá do dalších částí spektra. To se projeví změnou zabarvení směsi, až se případně koloid může stát bezbarvým.

### **Použitá literatura:**

1. SOLÁROVÁ, M. *Chemické pokusy 3 – organická chemie*. Ostrava : PřF OU, 2005. V tisku
2. SOLÁROVÁ, M. *Chemické pokusy pro základní a střední školu*. Paido: Brno, 1999. ISBN 80-85931-71-0.
3. PROKŠA, M. et al. *Technika a didaktika školských pokusů z chemie*. UK: Bratislava, 2005. ISBN 80-223-1943-0
4. STRAKA, M. *Kouzelnické pokusy z chemie*. ICM : Praha.
5. [http://www.uniregensburg.de/Fakultaeten/nat\\_Fak\\_IV/Organische\\_Chemie/Didaktik/Keusch/D-Video-e.htm](http://www.uniregensburg.de/Fakultaeten/nat_Fak_IV/Organische_Chemie/Didaktik/Keusch/D-Video-e.htm)