



**Korespondenční Seminář Inspirovaný Chemickou Tematikou**

**Ročník 11 (2012/2013)**

**Série 1**



Korespondenční seminář  
probíhá pod záštitou  
Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy  
Hlavova 2030  
128 43 Praha 2

### Vážení vyučující chemie!

Předejte prosím zadání KSICHTu svým studentům, potenciálním řešitelům KSICHTu. Mnohokrát děkujeme.

Dále máme pro Vás, vyučující chemie, nabídku. Pokud máte zájem, můžeme Vám posílat jednotlivé série přímo do školy. Stačí, když nám pošlete adresu, na kterou máme KSICHT posílat. Zadání KSICHTu je i na Internetu, máte-li k němu přístup, můžete využít i tento způsob. Úlohy můžete použít například ke zpestření výuky nebo jako inspiraci.

### Milí příznivci chemie i ostatních přírodovědných oborů!

Právě držíte v rukou zadání úloh Korespondenčního Semináře Inspirovaného Chemickou Tematikou, KSICHTu. Už jedenáctým rokem pro vás, středoškoláky, KSICHT připravují zaměstnanci a studenti Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, Vysoké školy chemicko-technologické v Praze, Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity, Univerzity Palackého v Olomouci, Technické univerzity v Liberci a Univerzity Pardubice.

### Jak KSICHT probíhá?

Korespondenční seminář je soutěž, při níž si vy, řešitelé KSICHTu, dopisujete s námi, autory, a naopak. Vy nám pošlete řešení zadaných úloh, my vše opravíme, ohodnotíme a zašleme vám je zpátky s přiloženým autorským řešením a pěti úlohami nové série. To všechno se za celý školní rok čtyřikrát zopakuje.

### Proč řešit KSICHT?

V rámci tohoto semináře se zdokonalíte nejen v chemii samotné, ale i v mnoha dalších užitečných dovednostech. Za všechny jmenujme zlepšení logického myšlení, schopnosti vyhledávat informace, třídít je a zařazovat je do kontextu. Ačkoli to zní možná hrozivě, nebojte, ono to půjde vlastně samo.

Na výletech se můžete seznámit s dalšími řešiteli KSICHTu a námi, autory, studenty vysokých škol. Máte šanci rozšířit si své obzory, ale taky se bavit a užít si. Uvidíte, že chemici nejsou suchaři v bílých pláštích.

Na konci školního roku pořádáme na Přírodovědecké fakultě UK odborné soustředění, kde si vyzkoušíte práci v laboratoři, seznámíte se s moderními

přístroji a poslechnete si zajímavé přednášky. Pro nejlepší řešitele jsou připraveny hodnotné ceny!

Pro letošní akademický rok se nám navíc podařilo zajistit **promíjení přijímacích zkoušek** do chemických (a některých dalších) studijních oborů **na Přírodovědecké fakultě UK**. Bez přijímací zkoušky budou přijati řešitelé, kteří ve školním roce 2011/2012 získali alespoň 50 % z celkového počtu bodů nebo ve školním roce 2012/2013 v 1.-3. sérii získají alespoň 50 % z celkového počtu bodů za tyto série.

### Jaké úlohy na vás čekají?

Úlohy se týkají různých odvětví chemie a snažíme se, aby si v nich každý z vás přišel na své. Jsou tu úlohy hravé i pravé lahůdky, jejichž vyřešení už dá práci. Nechceme jen suše prověřovat vaše znalosti, procvičíte si i chemickou logiku a v experimentální úloze prokážete též svou chemickou zručnost. Pokud nezvládnete vyřešit všechny úlohy, vůbec to nevadí, byli bychom moc rádi, kdybyste si z řešení úloh odnesli nejen poučení, ale hlavně abyste se při řešení KSICHTu dobře bavili. Jak se nám naše snažení daří, to už musíte posoudit sami.

KSICHT vám přináší s každou sérií i seriál, čtení na pokračování. V letošním ročníku zařazujeme na vaše přání seriál Efektivní pokusy v chemii. Dozvíte se spoustu zajímavých informací, které vám umožní přemýšlet o světě kolem sebe trochu jinak. Znalosti, které získáte, pak můžete použít nejen při řešení úloh KSICHTu, ale i při dalším studiu chemie.

### Jak se tedy můžete stát řešiteli KSICHTu?

Není nic jednoduššího! Stačí se jen zaregistrovat<sup>1</sup> na našich webových stránkách. Řešení nám poté můžete posílat buď klasicky na adresu KSICHT, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Hlavova 2030, 128 43 Praha 2 nebo elektronicky přes webový formulář<sup>2</sup> jako soubory typu PDF.

V případě jakýchkoliv dotazů či nejasností se na nás prosím kdykoliv obraťte e-mailem ksicht@natur.cuni.cz.

Každou úlohu vypracujte na zvláštní papír (aspoň formátu A5, menší kusy papíru mají totiž tendenci se ztrácet), uveďte svoje celé jméno, název a číslo úlohy! Řešení pište čitelně, vezte, že nemůžeme považovat za správné něco, co nelze přečíst.

V případě, že posíláte úlohy přes webový formulář, uložte každou úlohu do samostatného souboru typu PDF a nezapomeňte v záhlaví každé stránky uvést svoje celé jméno, název a číslo úlohy! Více informací o elektronickém odesílání

<sup>1</sup> <http://ksicht.natur.cuni.cz/prihlaska>

<sup>2</sup> <http://ksicht.natur.cuni.cz/odeslani-reseni>

řešení naleznete přímo na stránce s formulářem. Neposílejte nám prosím naskenovaná řešení, neboť jsou často velice špatně čitelná. Výjimkou jsou nakreslené a naskenované obrázky, které připojíte k řešení napsanému na počítači.

Do řešení také pište všechny vaše postupy, kterými jste dospěli k výsledku, neboť i ty budujeme. Uvedte raději více než méně, protože se může stát, že za strohou odpověď nemůžeme dát téměř žádné body, ačkoli je správná. Řešení vypracovávejte samostatně, neboť při společném řešení se spoluřešitelé podělí o získané body rovným dílem.

### Tipy a triky

Pro kreslení chemických vzorců doporučujeme používat programy dostupné zdarma: MDL ISIS/Draw 2.5 (freeware s povinnou registrací; Windows, Mac OS), ChemSketch 10.0 Freeware (freeware s povinnou registrací; Windows) a Chemtool (GPL; Linux).

### KSICHT na Internetu

Na webových stránkách KSICHTu<sup>3</sup> naleznete brožurku ve formátu PDF a rovněž aktuální informace o připravovaných akcích.

Pokud máte dotaz k úloze, můžete se zeptat přímo autora na e-mailové adrese ve tvaru [jmeno.prijmeni@ksicht.natur.cuni.cz](mailto:jmeno.prijmeni@ksicht.natur.cuni.cz). Jestliže má úloha více autorů, pište prvnímu uvedenému.

### Výlet s KSICHTem

Pozor, pozor! I letos se bude konat podzimní výlet s KSICHTem. Místo a přesné datum bude upřesněno. Prosíme zájemce, aby se zaregistrovali na stránkách KSICHTu<sup>4</sup> do 1. listopadu. Zaregistrujte se však co nejdříve, počet míst je omezen! Informace k výletu budeme na webu průběžně aktualizovat.

### Termín odeslání 1. série

Série bude ukončena 5. listopadu 2012. Vyřešené úlohy je třeba odeslat nejpozději v tento den (rozhoduje datum poštovního razítka či čas na serveru KSICHTu).

<sup>3</sup> <http://ksicht.natur.cuni.cz>

<sup>4</sup> <http://ksicht.natur.cuni.cz/akce-ksichtu>

### Biozvěst



Pokud chcete proniknout hlouběji i do tajů biologie a seznámit se se skutečnými otázkami, které řeší biologové, je tu právě pro Vás zbrusu nový korespondenční seminář Biozvěst<sup>5</sup>. Zadání je již zveřejněné<sup>6</sup>.

Hlavním cílem semináře je přinést obraz skutečných problémů, které se řeší v biologii a projasnit pohled na témata, která jsou v rámci středoškolské výuky předkládána neúplně či zamlženě. Naučíte se efektivně zpracovávat různé informační zdroje, mnohdy i cizojazyčné. Nabyté vědomosti jistě využijete, budete-li se zabývat přírodními vědami na vysoké škole, ale hodit se budou i pokud se budete účastnit naší či dokonce mezinárodní biologické olympiády. Navíc si můžete poměřit svoji „biologickou zdatnost“ s ostatními.

### Kamenožrout



Většina lidí si o geologii řekne: „To jsou jen šutry, to mě nezajímá.“ Že to tak ve skutečnosti není vás přesvědčí korespondenční seminář Kamenožrout<sup>7</sup>, který se naplno rozběhne během října. Cílem tohoto semináře je představit vám tento obor a ukázat vám, že geologie je dynamickým oborem a má co nabídnout. Může být zajímavá, zábavná a je tam mnoho věcí, které stojí za to objevovat.

<sup>5</sup> <http://web.natur.cuni.cz/~vosolsob/krouzek/bios.html>

<sup>6</sup> <http://kfrserver.natur.cuni.cz/lide/vosolsob/Bios/Ulohy/Rocnik0/0-1.pdf>

<sup>7</sup> <http://kamenožrout.cuni.cz>

## Úvodníček

Drahé Ksicht'áčky, draží Ksicht'áci,

velmi rádi se s vámi znovu setkáváme po dlouhé letní odluce. S vidinou blížícího se období přízemních mrazíků jsme pro vás nachystali novou předpověď nebesky hřejivých úloh ze všech částí naší chemické říše. Abychom se vyvarovali náhlých šoků z přechodu do nového prostředí, bude první úloha vysloveně elementární. Pokud však pro vás její řešení nebude dobře viditelné již na první pohled, rozhodně nebuďte zmaření. Vše se určitě velmi rychle projasní. Následná vlna zvýšeného tlaku vzduchu vyvolaná otočením stránky způsobí na rozhraní druhé úlohy příliv horké masy do oblasti vaší kuchyně – bude to během ní pěkně péct. Nyní k rozptylovým podmínkám. V celé úloze třetí platí všeobecná výstraha proti překročení emisních limitů pro bahno, prach a fosgen. V nižších polohách bude docházet ke zvýšenému poškození plic a ztrátě vědomí, ve vyšších pak během večera dojde k rozptýlení kulometnou střelbou. Stav vody: hladiny základních elektrolytů se od počátku čtvrté úlohy budou držet na prvním povodňovém stupni. Proud elektronů obvodu lze očekávat setrvalý s postupným oslabováním. Oblasti s vysokým potenciálem mohou být ve zvýšené míře ohroženy korozi. Nyní výhled do budoucna: o vlastnostech prvku z úlohy páté bohužel není doposud známo vůbec nic a budeme proto velmi rádi, pokud si jeho předpověď za nás vyplníte sami. Na závěr bychom vám všem rádi popřáli obligátní Slunce v duši a s vámi, kteří plánují zúčastnit se naší velkolepé podzimní expedice, snad brzy na viděnou osobně.

Honza Havlík

## Zadání úloh 1. série 11. ročníku KSICHTu

### Úloha č. 1: Vzkaz od organizátorů KSICHTu (I/IV)

(7 bodů)

Autoři: Luděk Míka, Pavel Řezanka



*Žili, byli organizátoři KSICHTu, a ti se rozhodli poslat řešitelům důležitý vzkaz. Jací by to ale byli organizátoři, kdyby se nerozhodli uskutečnit to pomocí úloh!*

V první, druhé a třetí brožurce tohoto ročníku naleznete úlohu, jejíž řešení vám poskytne část šifry. V brožurce čtvrté série se pak dozvíte, jak s touto šifrou naložit, abyste mohli rozluštit náš veledůležitý vzkaz.

První část šifry spočívá v tabulce 1. Zde jsou uvedeny popisy prvků vystihující jejich „nej“ vlastnosti.

Tabulka 1. Popisy prvků

Označení prvku	Popis
$\alpha$	prvek s <b>nej</b> tvrdší alotropickou modifikací vůbec
$\beta$	<i>p</i> prvek s <b>nej</b> menším počtem elektronů
$\gamma$	prvek s <b>nej</b> vyššími oxidačními vlastnostmi
$\delta$	pevný nekov s <b>nej</b> nižší teplotou tání
$\epsilon$	kov s <b>nej</b> vyšší hustotou
$\zeta$	prvek, kterého je <b>nej</b> více v atmosféře Země
$\eta$	$\eta\text{O}_2$ , který se používá jako bílé barvivo, je celosvětově <b>nej</b> používanější sloučenina tohoto prvku
$\theta$	prvek ze 2.A skupiny s <b>nej</b> vyšší teplotou varu
$\iota$	<b>nej</b> používanější prvek pro získání modrého zabarvení skla
$\kappa$	prvek s <b>nej</b> nižší definovanou teplotou tání (za normálního tlaku)
$\lambda$	prvek s elektrony v <i>d</i> orbitalu a s <b>nej</b> menší atomovou hmotností

1. K písmenům řecké abecedy přiřaďte příslušné prvky. Napište jak jejich název, tak i značku.

Poznámka: Značky prvků napsané pod sebou tvoří první část šifry. V sekvenci nehledejte žádný smysl, ten odhalíte až po složení všech částí šifry.

2. Vyjmenujte všechny alotropické modifikace prvku  $\delta$ .

3. Napište a vyčíslíte reakce níže uvedených sloučenin s vodou:
- $\varepsilon_3\zeta$
  - $\delta\gamma_3$
  - $\varepsilon\kappa$
  - $\gamma_2$
4. Pod jakými označeními byste v běžném životě hledali tyto sloučeniny? Uveďte také, na co se používají.
- $\zeta\kappa_4\gamma$
  - $\eta\zeta$
  - $\zeta\kappa_3$
  - $\alpha\kappa_4$

### Úloha č. 2: Pečeme s KSICHTem

(9 bodů)

Autoři: Klára Navrátilová, Pavel Řezanka



*Nevěřicně zírala na potřebné ingredience na pečení (tabulka 1). Po chvíli přemýšlení ale měla jasno. V míse promíchala ingredience 1, 2 a 3 a v hrnci ohřála ingredienci 4 na 305 K. Do ní rozdrobila ingredienci 5. Mezitím v kastrůlku ohřála ingredienci 6 právě na takovou teplotu, při které všechna ingredience přešla do kapalného skupenství, a nechala ji 3 minuty stát při pokojové teplotě.*

*Ingredience 4 až 6 pak přilila k ingrediencím 1 až 3. Výslednou heterogenní směs důkladně promíchala za vzniku homogenní směsi, tu zakryla utěrkou a nechala ji kynout 30 minut při 295 až 310 K. Potom směs prohnětla a kvantitativně převedla na vál předem posypaný tenkou vrstvou ingredience 1. Válečkem ji vyválela na velikost plechu, přenesla na plech vyložený pečicím papírem a pokryla ji plátky oloupané ingredience 7, které do ní lehce zamáčkla. Následovalo kynutí dalších 30 minut. Plech pak vložila do trouby předehřáté na teplotu varu plexiskla a nechala ho tam do vzniku zlatavého zbarvení povrchu produktu (35 až 40 minut). Upečený produkt posypala ingrediencí 2 a s chutí se do něj pustila.*

Tabulka 1. Ingredience potřebné pro přípravu produktu

Ingredience	Popis	Množství
1	drcená obilka <i>Triticum aestivum</i> s obsahem popela maximálně 0,6 %; alespoň 96 % částic drcené obilky má velikost menší než 257 $\mu\text{m}$	500 g
2	sacharosa	65 g
3	chlorid sodný	1 g
4	bílý koloidní roztok tuku ve vodě obsahující sacharidy, proteiny a minerály získané ze samice <i>Bos primigenius</i> f. <i>taurus</i>	250 ml
5	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	42 g
6	pevná látka vyráběná zakoncentrováním tuku z ingredience 4	125 g
7	plody rostliny rodu <i>Malus</i>	1 kg

- Napište, pod jakými názvy byste ingredience 1 – 7 sehnali v běžném obchodě.
- Jaká jsou běžně používaná slova pro námi použité termíny „homogenní směs“ a „produkt“?
- Při kolika  $^{\circ}\text{C}$  byl produkt pečen?
- Proč je třeba při kynutí dodržet teplotu v uvedeném rozsahu?
- Jak se jmenuje reakce, která způsobuje zlatavé zbarvení povrchu vznikající v průběhu pečení?
- Jak se proces vzniku zlatavého zbarvení povrchu liší od zhnědnutí ovoce na vzduchu (například zhnědnutí banánů)?
- Je možné ingredienci 5 nahradit hydrogenuhličitanem sodným? Diskutujte. Uveďte také, pod jakým názvem byste tuto sůl sehnali v obchodě.
- Produkt upečte a zašlete<sup>8</sup> nám jeho fotku, na které bude spolu s touto brožurkou.

Poznámka: Za otázky 1 – 7 lze získat až 4,5 bodu, za otázku 8 až 4,5 bodu.

<sup>8</sup> Fotky o velikosti maximálně 4 MB s názvem „kolac\_prijmeni\_jmeno“ pošlete na e-mail pavel.rezanka@ksicht.natur.cuni.cz

**Úloha č. 3: Fosgen****(12 bodů)**

Autor: Václav Kubát



*Temné pukání plynových granátů mísí se s praskotem explozivních střel. Mezi explosemi řinčí zvon, gongy, kovové klapačky oznamují všudy – plyn – plyn – plyn.*

*Za mnou to žbluňkne, jednou, dvakrát. Je to Kat, Kropp a ještě někdo. Ležíme čtyři v těžkém, číhavém napětí a dýcháme tak slabě, jak jen možno. Tyto první minuty v masce rozhodují o životě a smrti: přiléhá dobře? Znáám hrozné obrazy z lazaretů: otrávené plynem, kteří, dusíce se, vyvrhují celé dny po kusech své spálené plíce.*

*(E. M. Remarque: Na západní frontě klid)*

Fosgen (dichlorid kyseliny uhličitě,  $\text{COCl}_2$ ) je za normálních podmínek bezbarvá plyná látka vonící po seně či tlejícím listí. Uvádí se, že čichem je možné rozpoznat koncentrace fosgenu od  $2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Jako bojovou chemickou látku (BCHL) jej poprvé použili (zneužili) Němci v roce 1915 za západní frontě. Uvádí se, že až 70 % ztrát způsobených za 1. světové války chemickými zbraněmi má na svědomí právě fosgen. Téměř 50 % všech použitých BCHL v 1. světové válce použilo Německo.

1. Proč byl právě fosgen použit jako jeden z prvních bojových plynů? A proč BCHL používali v 1. světové válce v největším množství právě Němci?
2. Vysvětlete, jaké vojenské důvody vedly k použití BCHL v 1. světové válce.

Fosgen řadíme do kategorie tzv. dusivých látek. Příčinou úmrtí po zasažení smrtelnou dávkou fosgenu je absence kyslíku v životně důležitých orgánech, jednoduše řečeno udušení.

Porovnejme si nyní fosgen s jiným jedovatým plynem, s oxidem uhelnatým.

3. Při otravě oxidem uhelnatým je také příčinou smrti udušení, ale mechanismem se otrava CO od otravy fosgenem liší. Porovnejte mechanismus účinku fosgenu na lidský organismus s mechanismem účinku CO a vysvětlete hlavní rozdíl/y.
4. Jaká je první pomoc při otravě fosgenem?

V dnešní době zůstává jedním z hlavních úkolů chemiků analýza (detekce) látek na území kontaminovaném BCHL, ať už se jedná o použití ve válečném konfliktu, průmyslovou havárii či teroristický útok.

Pro účel rychlé analýzy BCHL v ovzduší jsou i dnes zavedeny tzv. průkazníkové trubičky (detekční trubičky, v sadě zvané chemické průkazníky). Jedná se obvykle o skleněné trubičky naplněné sorbentem (např. silikagel,

porcelán, pemza aj.), který je impregnován vhodnými činidly a vybaven pumpičkou pro prosávání vzduchu. Při průchodu vzduchu trubičkou dochází mezi případnou BCHL a činidlem k reakci, která je doprovázena barevnou změnou. Na základě této barevné změny je možné vyhodnotit (ne)přítomnost BCHL ve vzduchu, případně i její koncentraci.

Předchůdcem průkazníkových trubiček na BCHL byl detektor na oxid uhelnatý patentovaný roku 1919 v USA. Jednalo se o trubičku, jejíž sorbent byl napuštěn směsí oxidu jodičného a dýmavé kyseliny sírové.

5. Jaké barevné změny byste očekávali při průchodu vzduchu obsahujícího CO popsaným detektorem? Vysvětlete chemické změny probíhající v detektoru a popište je chemickou rovnicí.
6. Zamyslete se a zformulujte požadavky, jaké by měla splňovat analytická reakce probíhající v moderních průkazníkových trubičkách. Nezapomeňte, že tyto detektory jsou určeny pro použití v polních podmínkách, nikoliv v laboratoři.

Vraťme se ještě na chvilku do minulosti. Kromě moderních instrumentálních metod můžeme koncentraci fosgenu stanovit jodometrickou titrací. Podobné titrační metody stanovení byly vypracovány i pro další BCHL jako je yperit, lewisit aj. Autor si zde dovoluje vyjádřit obdiv nad obětavostí analytických chemiků, kteří tyto metody vyvíjeli. Stanovení fosgenu je založeno na jeho schopnosti oxidovat jodid sodný na jod. Reakce musí probíhat v prostředí bezvodého acetonu. Vyloučený jod se titruje roztokem thiosíranu bez přídavku indikátoru až do bodu ekvivalence.

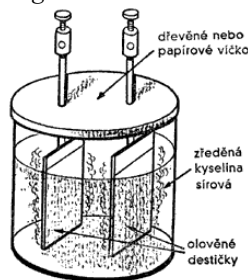
7. Sestavte rovnici reakce fosgenu s jodidem sodným.
8. Proč musí být rozpouštědlo (aceton) použité pro stanovení fosgenu bezvodé? Je-li to vhodné, dokumentujte vysvětlení chemickou rovnicí.
9. K  $500 \text{ cm}^3$  vzduchu obsahujícího fosgen byl přidán acetonový roztok NaI. Po skončení reakce byl vyloučený jod titrován roztokem  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  o koncentraci  $1,000 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Průměrná spotřeba pro tři stanovení činila  $0,102 \text{ cm}^3$ . Vypočtěte, zda ve zkoumaném vzduchu bylo možné cítit zápach fosgenu.
10. Bod ekvivalence se při popsaném stanovení určuje vizuálně. Vysvětlete, proč není nutné do reakční směsi přidávat indikátor. Popište barevné změny, které v soustavě v průběhu titrace očekáváte.
11. Zmínil jsem, že jedním z hlavních úkolů pro chemiky je dnes detekce BCHL na kontaminovaném území. Navrhněte další podobně důležitý úkol týkající se úniku/použití BCHL, k jehož řešení mají chemici mnoho co říci.

**Úloha č. 4: Elektrony kolem nás (1. část)****(10 bodů)**

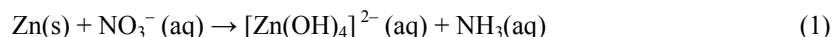
Autor: Petr Distler

Přenos elektronů nazývaný redoxní reakce má pro lidstvo pozitivní i negativní důsledky. Při každém nastartování automobilu, zapnutí kalkulačky či poslouchání mp3 přehrávače jsme závislí na elektrochemických reakcích, které probíhají v bateriích. Tyto reakce poskytují potřebnou elektrickou energii.

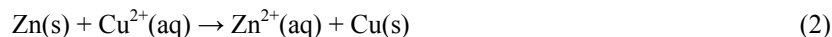
Nežádoucím jevem, který má původ v redoxních reakcích, je například koroze. Solením silnic v zimě se na jedné straně předchází dopravním nehodám, na straně druhé sůl urychluje tvorbu rzi na autech, mostech a dalších kovových konstrukcích. Také poblíž oceánů, kde se sůl dostává do ovzduší, je urychlena koroze kovových objektů. Aby se předešlo korodování předmětů, bývají natřeny nebo pokryty tenkou vrstvou nekorodujícího kovu, nejčastěji chromu.



- Základní dovedností při řešení redoxních reakcí je doplnění všech látek, které se reakce účastní, a následné vyčíslení rovnice. Doplněte a vyčíslete následující rovnici reakce probíhající v zásaditém prostředí:



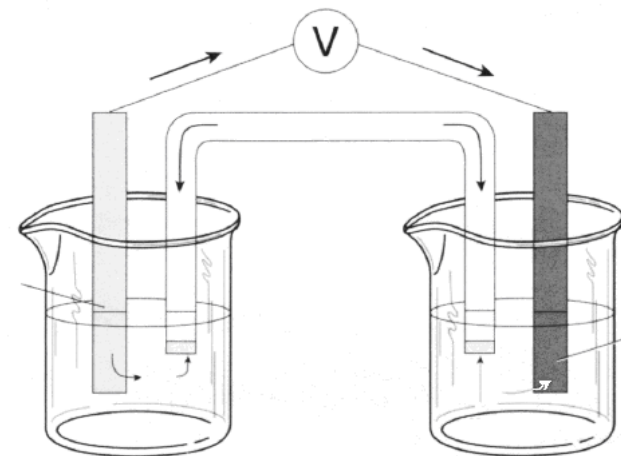
- Nyní už se vrhneme do elektrochemie. Vaším úkolem je popsat následující schéma (obrázek 1) znázorňující systém, ve kterém probíhá reakce:



Obrázek 1 schematicky překreslete do vašeho řešení a popište:

- katodu a anodu (a přiřaďte kov, ze kterého jsou vyrobeny),
- solný můstek (obsahující vodný roztok  $\text{NaNO}_3$ ) a směr pohybu iontů v solném můstku,
- směr migrace elektronů,
- směr přechodu kovů z elektrody do roztoku, resp. z roztoku na elektrodu.

Dále napište dílčí rovnice reakcí probíhající na anodě i katodě. (Pokud pro popis potřebujete další údaje, tabulka 1 vám může být nápomocná. Další nápovědou mohou být šipky zakreslené ve schématu.)



Obrázek 1. Elektrochemický článek

- Pokud jste správně popsali obrázek 1, určitě pro vás nebude problém zodpovědět následující dvě otázky a vyřešit jeden úkol:

- Čím je způsobeno, že se elektrony pohybují v daném směru?
- K čemu slouží solný můstek?
- Napište zkrácený zápis uvedeného elektrochemického článku a popište, co která část znamená. Nápověda: Elektrochemický článek se obvykle zapisuje ve formě Red || Ox.

Různé elektrochemické články (složené z různých kovů) vytvářejí různá napětí. Hodnota tohoto napětí závisí na rozdílu v potenciálech článků, tedy na schopnosti kovu přijmout elektrony, a nazývá se redoxní potenciál. Potenciály elektrod vztahujeme k tzv. standardní vodíkové elektrodě.

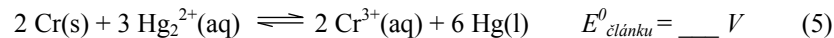
- Jaký je potenciál standardní vodíkové elektrody? Napište vzorec pro výpočet standardního redoxního potenciálu článku (elektrochemického potenciálu článku,  $E^0_{\text{článku}}$ ), znáte-li standardní redoxní potenciál kovu katody a standardní redoxní potenciál kovu anody. Jaké jsou standardní podmínky u elektrochemických reakcí?
- Z následující tabulky redoxních potenciálů různých iontů vyberte:
  - nejlepší oxidační činidlo,
  - činidlo, které se bude nejlépe redukovat,

- c) nejlepší redukční činidlo,  
d) kovy, které mohou být redukovány cínem – Sn (s).

Tabulka 1. Redoxní potenciály kovů  $E^0$ 

$\text{Ce}^{4+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ce}^{3+}(\text{aq})$	+ 1,61 V	$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$	- 0,25 V
$\text{Hg}_2^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Hg}(\text{l})$	+ 0,85 V	$\text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cd}(\text{s})$	- 0,40 V
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	+ 0,77 V	$\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Cr}(\text{s})$	- 0,74 V
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	+ 0,40 V	$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	- 0,76 V
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{s})$	- 0,14 V	$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Al}(\text{s})$	- 1,66 V

6. Je redoxní potenciál intenzivní nebo extenzivní veličina? Odpověď zdůvodněte. Doplňte hodnoty u rovnic (3) a (4), v případě nutnosti použijte uvedenou tabulku. Dále spočítejte  $E^0_{\text{článku}}$  pro následující reakci (5) a určete a zdůvodněte, zda je uvedená reakce spontánní.



Zatím jsme se zabývali pouze reakcemi za standardních podmínek. Pokud však tyto podmínky nejsou splněny, potřebujeme pro výpočet elektrochemického potenciálu článků složitější rovnici, než s pomocí které bylo možné vypočítat elektrochemický (redoxní) potenciál článku u reakce (5). Rovnice má tvar:

$$E_{\text{článku}} = E^0_{\text{článku}} - \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln Q \quad (6)$$

7. Jak se tato rovnice nazývá? Vysvětlete symboly a konstanty, které obsahuje.  
8. Článek,  $\text{Cd}(\text{s})|\text{Cd}^{2+}(\text{aq})||\text{Ni}^{2+}(\text{aq}, 1,0 \text{ M})|\text{Ni}(\text{s})$ , má elektrochemický potenciál 0,24 V při teplotě 25 °C. Jaká je koncentrace kademnatého kationtu, jestliže standardní redoxní potenciál článku je 0,170 V? Který kov je oxidačním činidlem, který kov je redukčním činidlem?

V příkladech, kterými jste se právě zabývali, docházelo v roztoku v důsledku nedosažení elektrochemické rovnováhy k vytvoření elektromotorického napětí konajícího práci. Opačným příkladem je vložení vnějšího zdroje napětí na elektrody, ale s touto částí elektrochemie se seznámíte až v druhé části úlohy Elektrony kolem nás! :-)

### Úloha č. 5: Prvek známý a neznámý

(11 bodů)

Autor: Alan Liška

V této úloze se budeme zabývat neznámým prvkem X, jehož spektrum sloučenin zahrnuje kromě mnoha strategických průmyslových meziproduktů i řadu látek, které mají navzdory své jednoduchosti uplatnění v každodenním životě. Tento prvek má ale i svou druhou tvář – protože má schopnost řetězit se a tvořit spoustu částic, v jejichž struktuře je kovalentně vázán s atomy dalších prvků, je jeho chemie velmi rozmanitá jak po stránce strukturní, tak po stránce reakční dynamiky.



1. Přiřaďte k jednopísmenným symbolům (A až X) uvedeným na obrázku 1 konkrétní látky (uvedte nejen vzorce, ale i názvy substancí). K tomuto účelu můžete využít níže uvedené nápovědy.

**X:** prvek známý od starověku, má žluté nebo bílé alotropické modifikace

**A:** bezbarvá krystalická látka dobře rozpustná ve vodě

**B:** špatně popsaná částice, meziprodukt totální oxidace A jodem ve vodném prostředí

**C:** bílá látka, která se v přírodě se vyskytuje v podobě dvou významných minerálů lišících se krystalovou strukturou

**D:** bezbarvý plyn, páchne po zkažených vejcích, jedovatý srovnatelně s kyanovodíkem

**E:** bezbarvý plyn, štiplavě páchnoucí, senzibilizující

**F:** podle podmínek bezbarvé jehlicovité krystaly s azbestovitou strukturou nebo bezbarvá kapalina

**G:** středně silná kyselina, známá jen ve vodném roztoku

**H:** silná kyselina, velmi důležitá surovina v průmyslu

**I:** primární sůl kyseliny G

**J:** primární sůl kyseliny H

**K:** sekundární sůl kyseliny G, běžné redukční činidlo (např. ve fotografii)

**L:** sekundární sůl kyseliny H, v průmyslu používaná jako nosič (např. v pracích prostředcích)

**M:** nerozpustná bílá látka

**N:** nerozpustná bílá látka, v přírodě jako minerál celestin

**O:** nestálá látka, vzniká v rovnováze z kyseliny H ve vodném roztoku

**P:** bílá krystalická látka, ve vodě velmi pomalu hydrolyzuje na látku J



**Q:** bezbarvá krystalická látka rozpustná ve vodě, z termodynamického hlediska silné oxidační činidlo, řada reakcí však pro pozorovatelný průběh vyžaduje přítomnost katalyzátoru

**R:** bílá práškovitá látka, lehce páchne po **E**, častý konzervant v sušeném ovoci a jiných polotovarech (např. bramborových kašičích, knedlicích), redukční činidlo ve fotografii

**S:** bezbarvé krystaly, redukovadlo, klasický ustalovač ve fotografii

**T:** bezbarvá krystalická látka rozpustná ve vodě

**U:** bezbarvá krystalická látka, při reakci vznikají i jiné produkty, jejichž zastoupení lze korigovat změnami reakčních podmínek

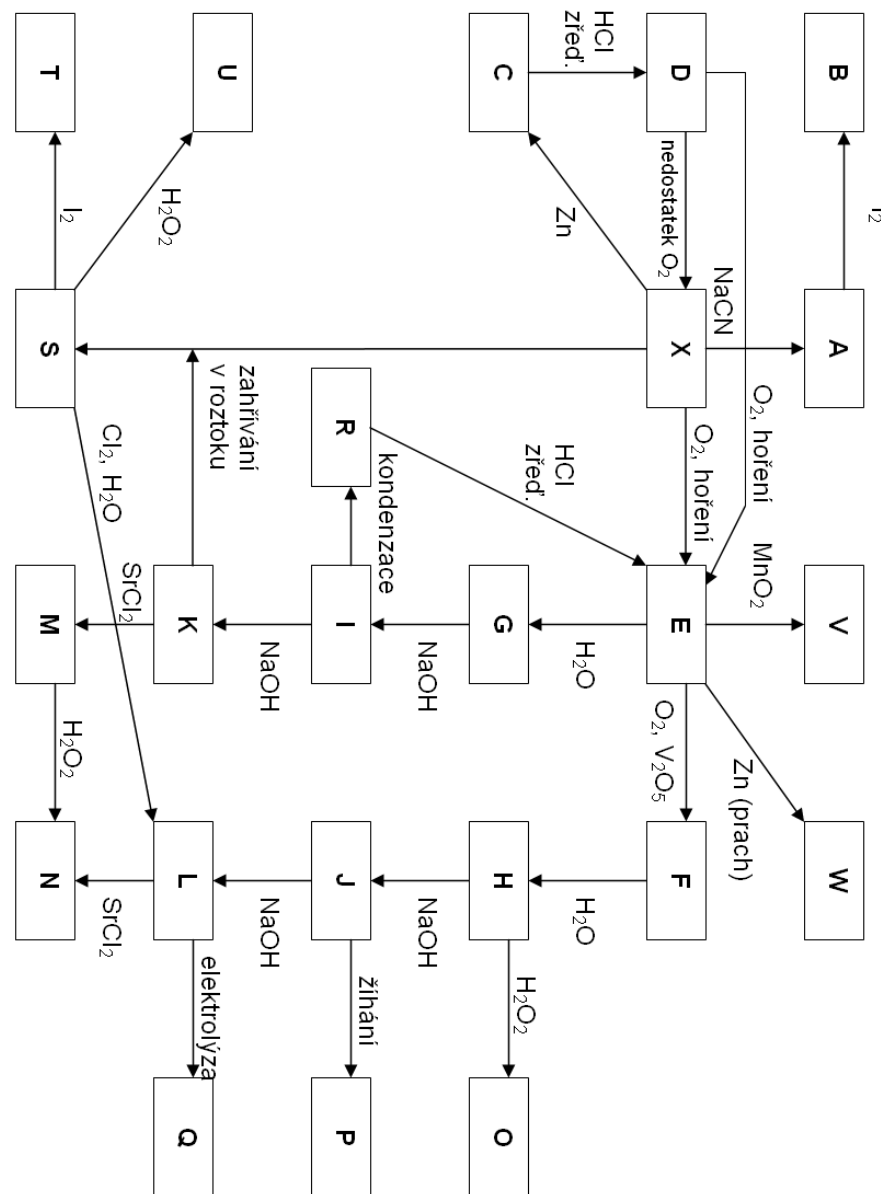
**V:** slabě narůžovělá látka, všechny soli obsahující tento anion jsou rozpustné, anion za studena nelze dále oxidovat (ani pomocí  $\text{KMnO}_4$ )

**W:** bezbarvá hygroskopická látka, energické redukční činidlo, sodná sůl obsahující stejný anion se připravuje konverzí **W** s  $\text{NaCl}$  a prodává se v drogeriích v balení podobném tomu, které je vyobrazeno na úvodní ilustraci k úloze

- K obsahu balíčku na obrázku se ještě vrátíme. Na jakém principu je založeno bělení textilií touto látkou? Jaká částice je při tomto ději reaktivním činidlem a jak z jejího prekursoru vzniká? Uveďte rovnici reakce. Znáte ještě jinou látku, která se ke stejnému účelu používá? Uveďte její název a vzorec.
- Reakce převádějící **S** na **T** má v chemii důležité využití. Víte jaké? Napište rovnici klíčového děje a uveďte tři konkrétní příklady této aplikace.
- Může prvek **X** v elementární formě disproportionovat? Pokud ano, za jakých podmínek? Jaké produkty byste očekávali? Své tvrzení doložte rovnicí děje.
- Sloučeniny **K** a **S** lze převést na látku **L** oxidací roztokem peroxidu vodíku. Mechanismus této reakce je ale velmi složitý a vede ke vzniku dalších produktů, které není snadné pomocí klasických analytických kvalitativních postupů jednoznačně identifikovat a které se již dále v uvedených podmínkách neoxidují. Pokuste se uhodnout, o kterých částicích je řeč.

Nápověda: Některé sloučeniny ve schématu je ve své struktuře obsahují.

- Jak se sloučenina **O** historicky nazývá?
- Nakreslete strukturální vzorec aniontu ve sloučenině **I**.



Obrázek 1. Schéma reakcí

## Seriál: Efektní pokusy v chemii

Autoři: Luděk Míka a Václav Kubát

Milí ksichtřáci,

v loňském roce jste se v seriálu setkávali s teoretickou chemií, lámali jste si hlavu před obrazovkou počítače a výpadek proudu znamenal zásadní překážku pro další práci. Do letošního ročníku jste vybrali seriál zaměřený na praktickou chemii, konkrétně na efektní chemické pokusy. Oblečte si tedy pláště, nasadte si laboratorní brýle a jdeme do laboratoře! V každé sérii najdete návody na několik pěkných pokusů doplněných o vysvětlení jejich chemické podstaty a komentáře k vlastnímu provedení. První série je tematicky zaměřená na barevné pokusy, v dalších se setkáte například s pokusy ohnivými nebo se zajímavými materiály, které se vyskytují kolem vás a ani by vás nenapadlo, že mohou být něčím zvláštní.

### Bezpečnost práce

Nepřeskakovat! Toto je nejdůležitější část celého seriálu!

Musíte si uvědomit, že práce v chemické laboratoři není jen pozorování pěkných efektů. Jde především o to, abyste se mohli ve zdraví podívat nejen na jeden pokus, ale i na druhý, třetí a další.

Všechny pokusy, o kterých budete v seriálu číst, provádějte pod dozorem dospělého chemika, který ví, jak se při pokusech bezpečně chovat. Můžete požádat vaše učitele chemie, staršího kamaráda či příbuzného. Uvědomte si, že dle zákona nesmíte sami pracovat s některými chemikáliemi (obzvláště, když je vám méně než 15 let). Přítomnost dospělé poučené osoby je nezbytná. Dodržujte laboratorní řád a všechny zásady bezpečné práce v chemické laboratoři, zejména používání ochranných prostředků (to není jen laboratorní plášť, ale také ochrana očí – nasazené laboratorní brýle, případně obličejový štít). Pracujte klidně, soustřeďte se pouze na prováděný pokus.

Autoři seriálu konstatují, že všechny pokusy vlastnoručně vyzkoušeli a stále mají všechny prsty na svých místech. Vezměte prosím na vědomí, že všechny uvedené pokusy nás někdo zkušenější osobně naučil (nejčastěji na fakultě), stál nám v laboratoři za zády a vysvětloval, co a jak udělat, aby vše dopadlo dobře. Sežeňte si takového zkušeného chemika, který vám s pokusy pomůže a poradí!

V neposlední řadě jsme povinni vás upozornit, že všechny pokusy děláte na svoji vlastní odpovědnost a autoři nenesou odpovědnost za škody způsobené na zdraví a majetku.

### O čem to bude

Jak již bylo uvedeno, každý pokus bude kromě návodu obsahovat i vysvětlení a komentáře k provedení. Pokusy jsme rozřídili do čtyř skupin podle toho, jaké vybavení vyžaduje jejich provedení. Rozlišujeme tedy:

*Pokusy na doma* – jednoduché pokusy využívající běžné chemikálie, které se dají koupit v drogerii či potravinách. Dají se bez problémů zkusit doma v koupelně či ve sklepě. Pozor, to neznamená, že všechny pokusy jsou „jedlé“. V drogerii koupíte třeba i koncentrovanou kyselinu chlorovodíkovou.

*Pokusy na ven* – pokusy, které nezbytně nemusí být prováděny ve škole. Nepoužívají se při nich toxické chemikálie či látky, které by neměly uniknout do životního prostředí. Přesto není možné provádět je doma, zvolíme tedy buď laboratoř, nebo venkovní prostory (pole, zahradu, dvorek). Berme u toho ale ohled na sousedy!

*Pokusy do školy* – pokusy, které jsou určeny výhradně do chemické laboratoře. Pracuje se s chemikáliemi, které nejsou k sehnání v běžných obchodech a není možné s nimi manipulovat mimo laboratoř.

*Pokusy do digestoře* – pokusy, které je nutné provádět v dobře táhnoucí digestoři v chemické laboratoři. Stejně jako *pokusy do školy* vyžadují chemikálie, které není možné používat venku. Může se také jednat o práci s látkami těkavými či zdraví škodlivými, případně v průběhu pokusu takové látky vznikají. Musíte s nimi pracovat v digestoři, abyste se jich nenadýchali ani vy, ani vaše okolí.

### Díl první: Barevné pokusy

#### Odbarvení vína

*Pokus na doma*

Aktivní uhlí je elementární uhlík připravený takovým způsobem, aby měl co největší povrch, 1 gram aktivního uhlí tak může mít povrch i více než 1000 m<sup>2</sup>. Na povrch se mohou adsorbovat (zachytávat) různé látky, díky obrovskému povrchu je aktivní uhlí velmi účinným sorbentem. V praxi se aktivní uhlí používá k čištění různých produktů v průmyslu, technických plynů, jako filtr v plynových maskách nebo v medicíně jako *Carbo activatus*. Jde o tzv. živočišné uhlí, které na sebe adsorbuje škodlivé látky ze zaživacího traktu a slouží tak především k terapii průjmů. V tomto pokusu použijete aktivní uhlí k vychytání barviv z červeného vína.

**Pomůcky:** dvě kádinky nebo jiné vhodné nádoby, kahan (vč. aparatury na zahřívání) nebo elektrický vařič, nálevka, filtrační papír, červené víno, aktivní uhlí nebo živočišné uhlí z lékárny.

**Provedení:** Do kádinky nalijte asi 150 ml červeného vína (plně postačuje „krabicák“) a přidejte k němu asi 2 lžičky aktivního uhlí (nebo asi 4 rozdrcené tablety živočišného uhlí). Kádinku zahřívajte, až víno začne vřít. Po dosažení varu přerušete zahřívání, nechejte kádinku ochladit a vychladlou směs přefiltrujte do jiné kádinky (v domácích podmínkách postačuje nálevka s vatou ve stopce nebo nálevka s několika vrstvami ubrousků). Pozorujte zbarvení filtrátu.

**Likvidace materiálu:** Filtrační papír se zbytky aktivního uhlí lze vyhodit do směsného odpadu, přefiltrované víno lze vylít do kanalizace.

### Tajné písmo

*Pokus do laboratoře/Pokus na doma*

Poštou vám přijde dopis, vy ho plni očekávání otevřete a v něm nenajdete nic jiného než prázdný papír. Záhada vám, správným chemikům, nedá spát. Zajdete do laboratoře, připravíte si neméně tajuplný oranžový roztok, kterým dopisní papír postříkáte, a najednou se začnou na papíře objevovat záhadné modré a rudé symboly...

Na psaní tajných zpráv se dá využít mnoha chemických reakcí. Lze využít například ty, v nichž reakcí dvou původně bezbarvých látek vznikne látka barevná. Tak tomu bylo i v případě dopisu v předchozím odstavci, jednalo se reakci žluté krevní soli a rhodanidu draselného s železitými ionty. Další možností je použití látek, které při vysokých teplotách pyrolyzují, rozkládají se ale při teplotách nižších než je zápalná teplota použitého papíru, příkladem je třeba šťáva z citronu. Do této skupiny patří i roztok chloridu kobaltnatého, který je při běžných podmínkách ve formě světle růžového hydrátu a na papíře tedy není vidět. Při zahřátí dojde k jeho dehydrataci za vzniku modře zbarvené bezvodé látky.

**Pomůcky:** štětec nebo plnicí pero, rozprašovač, kádinky, citron, fenolftalein,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , KSCN, aceton, líh.

**Provedení:** Do dvou kádinek si připravte asi 5% roztoky žluté krevní soli a KSCN ve vodě. Do rozprašovače si připravte asi 5% roztok  $\text{FeCl}_3$  ve směsi acetonu a líhu 1:1. (Toto není nutné, stačí udělat roztok jen v jedné z kapalin, případně jen vodný roztok, aceton a líh se totiž používají pro své rychlé odpařování, dopis se pak nerozpjíjí). Na filtrační papír štětcem nebo plnicím perem napište/nakreslete vzkaz roztoky krevní soli a KSCN. Filtrační papír je k tomu účelu lepší než papír kancelářský, který tolik nesaje a po namočení se kroutí. Papír nechte uschnout, poté jej opatrně postříkejte roztokem  $\text{FeCl}_3$ . Tajná zpráva se ihned objeví, a to hned ve dvou barvách.

Do kádinky si připravte roztok fenolftaleinu v líhu a tímto roztokem napište na filtrační papír vzkaz. Vzkaz se vybarví postříkáním 5% roztokem  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ve vodě.

Na kancelářský papír napište vzkaz pomocí šťávy z citronu. Po zaschnutí se tajná zpráva zviditelní opatrným ohřátím nad plamenem (kahanu, svíčky, plynového sporáku). Podobně lze napsat vzkaz roztokem chloridu kobaltnatého a zviditelnit jej zahřátím.

**Likvidace materiálu:** Tajné zprávy můžete vyhodit do běžného komunálního odpadu (před vyhozením doporučujeme z důvodu utajení skartovat), roztoky můžete vylít do kanalizace.

### Přeměna vody ve víno

*Pokus do laboratoře*

Před sebou máte čtyři kádinky. V první je bezbarvá kapalina, ostatní tři jsou prázdné. Vezmete plnou kádinku a přelijete obsah do druhé. Co se to stalo? Bezbarvá kapalina už není bezbarvá, je temně fialová. Nyní zkusíte přelit obsah druhé kádinky do třetí. A opět změna! Ve třetí kádince se nachází bezbarvá kapalina stejně, jako tomu bylo v první kádince. Po přelití do čtvrté kádinky vznikne zase fialový roztok. Davy posluchačů šilejí a snaží se vás ukamenovat pro čarodějnictví...

Chemie znalý pozorovatel v tomto pokusu žádná kouzla nevidí, vidí jen změnu barvy indikátoru fenolftaleinu. Když si pořádně prohlédne kádinky použité pro pokus a na jejich stěnách uvidí kapičky, je mu vše jasné. Jakmile se původně bezbarvý roztok dostane do druhé kádinky, smyjí se ze stěny kapičky hydroxidu a roztok změní barvu. Ve třetí kádince se do roztoku dostanou kapičky kyseliny sírové, která zneutralizuje přítomný hydroxid, a roztok se odbarví. V poslední kádince jsou zbytky hydroxidu sodného, opět tedy dojde k neutralizační reakci a roztok změní barvu.

**Pomůcky:** 4 kádinky, 0,1% roztok fenolftaleinu v líhu, 5% roztok NaOH, 5% roztok  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

**Provedení:** Do první kádinky nalijte vodu a přidejte do ní pár kapek roztoku fenolftaleinu. Druhou kádinku před pokusem upravte tak, že do ní nalijte trochu roztoku hydroxidu sodného a roztok zase vylijte. Na stěně zbudou malé nenápadné kapičky, které zajistí zvýšení pH roztoku fenolftaleinu. Třetí a čtvrtou kádinku připravte stejným způsobem, třetí ale vypláchněte roztokem kyseliny sírové. Je vhodné v poslední kádince nechat roztoku hydroxidu trochu víc, aby byla jistota, že se zneutralizuje veškerá kyselina.

**Likvidace materiálu:** Roztoky můžete vylít do kanalizace.

**Upíří voda***Pokus do laboratoře*

Železité soli reagují s rozpustnými rhodanidy (systematicky thiokyanatany, látkami s aniontem  $\text{SCN}^-$ ) za vzniku rhodanokomplexů železitých. Vzniklá směs má velmi intenzivní, krvavě červené zbarvení. Této reakce se mimo efektních pokusů používá také k důkazu železitých iontů.

**Pomůcky:** kádinka, gumová rukavice,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{KSCN}$  nebo  $\text{NH}_4\text{SCN}$ .

**Provedení:** Připravte si zředěný roztok  $\text{FeCl}_3$  (koncentrace není rozhodující, vhodný je např. 2% roztok). Na ruku si natáhněte gumovou rukavici a na jeden prst nenápadně přilepte krystalek rhodanidu (pokud nedrží sám od sebe, navlhčete si rukavici, aby se přichytil). Poté s komentářem o upíří vodě vysávající krev z vašeho prstu i přes neprostupnou rukavici ponořte prst do roztoku chloridu železitého. Pozorujte vyděšeného diváka, který sleduje, jak z vašeho prstu skutečně teče „krev“.

Jiné provedení: Sežeňte si dobrovolného pokusného králíka. Natřete mu zápěstí „dezinfekcí“ (roztok chloridu železitého, můžete jej vydávat za ajatin). Do druhé „dezinfekce“ (roztok rhodanidu) si namočte plastový nůž a přejeďte takto „vydezinfikovaným“ nožem po namočeném zápěstí. Ihned se objevuje dobrovolníková „krev“. Z bezpečnostních důvodů doporučujeme použít tupou stranu nože.

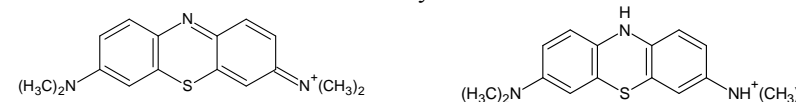
Dejte pozor, komu pokus předvádíte. Kamarádi mívají pochopení, rodiče mají občas tendenci zakazovat veškeré další chemické hrátky, slabší povahy mají při pohledu na krev tendenci kolabovat...

**Likvidace materiálu:** Použitý roztok je možné vylít do výlevky.

**Modrá baňka***Pokus do laboratoře*

Modrý roztok v baňce se po chvíli samovolně odbarví. Protřepání baňky vrátí modré zbarvení zpět, aby za chvíli opět zmizelo...

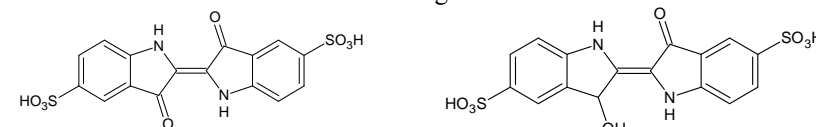
Baňka obsahuje zásaditý roztok glukózy s přídavkem redoxního indikátoru methylenové modři. Glukóza se v tomto prostředí oxiduje vzdušným kyslíkem rozpuštěným ve vodě na glukonovou kyselinu a směs dalších produktů. Redoxní indikátor methylenová modř nám umožňuje tuto reakci sledovat: po přidavku indikátoru dochází k jeho postupné redukci glukózou (glukóza se oxiduje) na jeho bezbarvou formu. Protřepáním baňky v roztoku rozpustíme další podíl kyslíku ze vzduchu, který methylenovou modř zoxiduje zpět na modrou formu. Nastupuje opět glukóza, která indikátor redukuje, protřepáním dojde k jeho oxidaci kyslíkem atd.

**Indikátor methylenová modř:**

Oxidovaná forma (modrá)

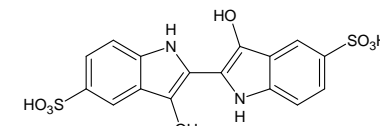
Redukovaná forma (bezbarvá)

Podobně se chová i stejný roztok s použitím indikátoru indigokarmínu s tím rozdílem, že přechod se uskutečňuje z plně oxidované formy indikátoru (žlutozelená), přes částečně redukovanou formu (oranžová), která je pravděpodobným meziproductem této reakce, až po úplně redukovaný indigokarmín (žlutá). I opačným postupem lze zachytit tři barvy, při lehkém protřepání se žlutý roztok zbarví oranžově a po intenzivnějším protřepání změní barvu na žlutozelenou.

**Indikátor indigokarmín:**

Oxidovaná forma (zelená)

Meziproduct (oranžová)



Redukovaná forma (žlutá)

**Pomůcky:** baňka o objemu 250 ml s dobře těsnící zátkou, glukóza,  $\text{NaOH}$ , 0,1% vodný roztok methylenové modři nebo 1% vodný roztok indigokarmínu.

**Provedení:** V baňce rozpusťte 2 g  $\text{NaOH}$  a 2 g glukózy ve 100 ml vody. Přidejte asi 3 ml roztoku methylenové modři. Pozorujte. Po odbarvení roztoku s baňkou zatřepejte, roztok se opět zbarví modře. Tento cyklus lze mnohokrát opakovat. Pokud není pokus již přesvědčivý a musíte třepat dlouho, odzátkujte baňku, tím dojde k doplnění kyslíku. Po zazátkování baňky bude protřepávání opět úspěšné.

Připravte tentýž roztok glukózy a  $\text{NaOH}$  ve vodě, tentokrát ale přidejte 0,5 ml roztoku indigokarmínu. Roztok musí mít jasně rozpoznatelnou zelenou či žlutozelenou barvu, pokud je spíše žlutý, přidejte další indigokarmín. Po uzavření baňky pozorujte změnu zbarvení roztoku na oranžovou a následně na žlutou. Lehkým protřepáním (cca dvě „šplouchnutí“) docílíte změny zbarvení ze žluté na oranžovou, po intenzivním protřepání se obnoví žlutozelené zbarvení.

Oba pokusy lze mnohokrát opakovat, indigokarmín je ovšem ve vodném roztoku nestálý, takže tento roztok nebude na rozdíl od roztoku s methylenovou modří použitelný druhý den. První odbarvení trvá obvykle o něco déle (záleží také na množství indikátoru), buďte trpěliví.

**Likvidace materiálu:** Oba roztoky lze po zředění vylít do kanalizace.

### Oxidace NO

*Pokus do digestoře*

Dusík tvoří několik více či méně stálých oxidů, mezi stálé patří oxid dusný a dusičitý. Oproti tomu oxid dusnatý samovolně reaguje se vzdušným kyslíkem a oxiduje se na oxid dusičitý. Toto je doprovázeno změnou barvy, neboť oxid dusičitý je rezavě hnědý, kdežto oxid dusnatý je bezbarvý. Oxid dusnatý se připravuje reakcí kovové mědi se zředěnou kyselinou dusičnou. Při separaci čistého NO se využívá dobré rozpustnosti oxidu dusičitého ve vodě a naopak malé rozpustnosti NO.

**Pomůcky:** baňka s bočním vývodem (frakční, dvojhrdlá), přikapávací nálevka, gumová hadice, skleněná vana, trubička s ohnutým koncem, Erlenmeyerova baňka, Cu drát nebo plíšky, HNO<sub>3</sub> zředěná vodou v poměru 1:2.

**Provedení:** Do baňky s bočním vývodem nasypete na dno několik měděných kousků, na baňku nasadíte přikapávací nálevku se zředěnou kyselinou dusičnou a na boční vývod nasadíte krátkou gumovou hadičku zakončenou skleněnou trubičkou se zahnutým koncem. Konec skleněné trubičky ponořte do skleněného akvária s vodou. Erlenmeyerovu baňku ponořte do akvária, naplňte ji vodou a otočte ji v akváriu dnem vzhůru. Do baňky se nesmí dostat žádný vzduch! Nyní začněte pomalu přikapávat kyselinu k měděným plíškům. Zpočátku bude z aparatury unikat oxid dusičitý. Jakmile přestane mít unikající plyn zrzavou barvu, začněte plyn jímat do Erlenmeyerovy baňky. Snažte se, aby bublinky plynu procházely co nejvyšším sloupcem vody, aby se oxid dusnatý zbavil zbytkového množství oxidu dusičitého. Jakmile bude Erlenmeyerova baňka plná, pod hladinou ji zavřete. Nyní stačí jen baňku plnou bezbarvého plynu vyndat z akvária a otevřít ji. Jakmile je otevřena, začne ze zdánlivě prázdné nádoby unikat rezavý dým.

**Likvidace materiálu:** zbytek po přípravě NO lze po dostatečném zředění vodou vylít do kanalizace.

Pokus je nezbytně nutné provádět v dobře táhnoucí digestoři. Vyvarujte se vdechování oxidů dusíku, jsou to jedovaté plyny, případně nadýchání odnesete přinejmenším pěkným bolením hlavy.

### Rajčatová duha

*Pokus do digestoře*

Červená barva rajčat je způsobena červenými barvivy, jako jsou betakaroten a lykopen. Jde o karotenoidní barviva složená z osmi terpenových jednotek. Jejich barevnost je dána dlouhým systémem konjugovaných dvojných vazeb. Tyto vazby jsou ale náchylné k adičním reakcím. Pokud k rajčatové šťávě přilijeme roztok bromu ve vodě, dojde k postupné bromaci vazeb, tím se zkrátí délka konjugovaného systému a změní se také barva. Jak bude docházet k navazování většího a většího množství atomů bromu, bude se barva postupně měnit přes oranžovou, žlutou, zelenou a modrou, až k téměř bílé. Pokud při experimentu využijeme efektu difuze, můžeme dostat v jedné nádobě všechny barvy duhy odděleně nad sebou. Stačí rajčatovou šťávu pomalu převrstvit bromovou vodou, opatrně zamíchat tak, aby se nepromísily vrstvy, a chvilku počkat.

**Pomůcky:** odměrný válec, skleněná tyčinka, rajčatová šťáva, bromová voda (pokud možno čerstvá).

**Provedení:** Do odměrného válce o objemu asi 100 ml nalijte rajčatovou šťávu a opatrně převrstvěte asi centimetr vysokou vrstvou bromové vody. Do nádoby ponořte skleněnou tyčinku a pomalými krouživými pohyby roztok zamíchejte.

Pokus lze provést také s přípravkem Savo či jiným čističem obsahujícím chlornan sodný (není to nic jiného než „chlorová“ voda). Chlornan se ale na násobné vazby aduje rychleji než brom, výsledkem pokusu tedy není duha, nýbrž odbarvená rajčatová šťáva.

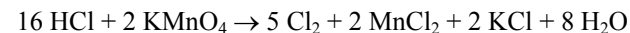
**Likvidace materiálu:** Veškerý kapalný materiál lze po dostatečném zředění vodou vylít do kanalizace.

### Luminiscence singletového kyslíku

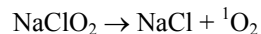
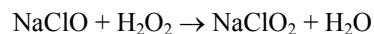
*Pokus do digestoře*

Singletový kyslík je klasický molekulový kyslík (O<sub>2</sub>) v jednom z excitovaných stavů. Jedná se tudíž o energeticky bohatou formu kyslíku, která je poměrně reaktivní, protože se touží zbavit přebytečné energie. To také při nejbližší příležitosti činí formou vyzáření viditelného světla červené barvy. Tento jev nazýváme luminiscence. Obyčejný vzdušný kyslík však není v singletovém stavu, musíme jej připravit chemickou reakcí. Singletový kyslík vzniká při zavádění plynného chloru do silně zásaditého roztoku peroxidu vodíku.

Chlor připravíme reakcí manganistanu draselného s kyselinou chlorovodíkovou:



Pokud plynný chlor zavádíme do roztoku hydroxidu sodného a peroxidu vodíku, vzniká nejprve chlornan sodný, poté jeho oxidací chloritan sodný, který je nestabilní a rozkládá se za uvolnění právě singletového kyslíku ( $^1\text{O}_2$ ):



**Pomůcky:** vyšší kádinka, baňka s bočním vývodem (frakční, dvojhrdlá), přikapávací nálevka, gumová hadice,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

**Provedení:** Připravte si aparaturu na vyvíjení chloru: do baňky s bočním vývodem nasypete asi lžičku manganistanu draselného. Je možné jej převrstvit malým množstvím vody, ale jen takovým, aby byl manganistan právě pod hladinou, dojde tak k lepšímu kontaktu  $\text{HCl}$  s manganistanem. Na baňku nasadíte přikapávací nálevku s konc. kyselinou chlorovodíkovou. Dále budete potřebovat směs koncentrovaného roztoku peroxidu vodíku s roztokem  $\text{NaOH}$  koncentrace  $3 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  smíchané v poměru 1:4. Směs připravujte pomalu, za stálého míchání a chlazení. Při přípravě se směs silně zahřívá, což často způsobí urychlení rozkladu peroxidu vodíku – směs vypění a kromě bezpečnostního rizika už není dále použitelná (došlo ke spotřebování peroxidu).

Pokus provádějte v digestoři ve tmavé místnosti. Ještě za světla začněte přikapávat  $\text{HCl}$  na suspenzi  $\text{KMnO}_4$ , začne se vyvíjet žlutozelený chlor. Zatemněte místnost. Pomocí gumové hadičky vznikající plyn zavádějte do kádinky s připravenou směsí hydroxidu sodného s peroxidem vodíku. Pozorujte červenou barvu bublinek, které vycházejí z hadičky ponořené v kádince.

**Likvidace materiálu:** Všechny použité roztoky lze po důkladném zředění vylít do výlevky. Pozor, aparatura na vývin chloru obsahuje i po skončení reakce určité množství tohoto jedovatého plynu, alespoň první opláchnutí proveďte ještě v digestoři. Baňka s vývodem sloužící k přípravě chloru bývá obvykle zevnitř pokryta hnědou vrstvou burelu, který prakticky nejde umýt. Lze se jej rychle zbavit buď roztokem dithioničitanu či podobného redukčního činidla, nebo roztokem peroxidu vodíku okyseleným kyselinou sírovou.

