



**49. ročník**  
2012/2013

**ŠKOLNÍ KOLO**  
kategorie A a E

**ŘEŠENÍ SOUTĚŽNÍCH ÚLOH**

## TEORETICKÁ ČÁST (60 BODŮ)

## ANORGANICKÁ CHEMIE

16 BODŮ

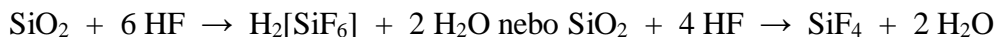
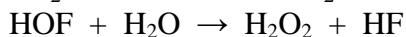
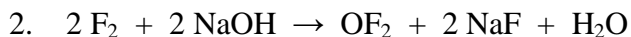
## Úloha 1 Fluoridy poprvé

9 bodů

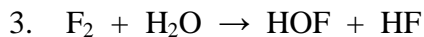
1.

látka	název	strukturní vzorec	oxidační čísla	tvary molekuly
A	difluorid kyslíku (lze akceptovat i difluoroxidan)		O <sup>II</sup> , F <sup>-I</sup>	lomený
B	kyselina fluorná (lze akceptovat i fluoroxidan)		H <sup>I</sup> , O <sup>0</sup> , F <sup>-I</sup>	lomený
C	fluorovodík (kyselina fluorovodíková)		H <sup>I</sup> , F <sup>-I</sup>	lineární
D	peroxid vodíku		H <sup>I</sup> , O <sup>-I</sup>	tvary „složeného papíru“
E	fluorid křemičitý (ev. kyselina hexafluorokřemičitá či hexafluorokřemičitan sodný)		Si <sup>IV</sup> , F <sup>-I</sup>	tetraedr
		$2\text{H}^{\oplus} \left[ \begin{array}{c} \text{F} \\   \\ \text{F}-\text{Si}-\text{F} \\   \\ \text{F} \\ \text{F} \quad   \quad \text{F} \\ \diagdown \quad   \quad / \\ \text{Si} \\ / \quad   \quad \backslash \\ \text{F} \quad \text{F} \quad \text{F} \end{array} \right]^{2\ominus}$		oktaedr

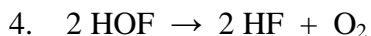
1 bod za správně určené názvy (po 0,2 bodu), 1 bod za elektronové strukturní vzorce (po 0,2 bodu)  
1 bod za správná oxidační čísla (po 0,2 bodu), 1 bod za tvary molekul (po 0,2 bodu)  
celkem maximálně 4 body



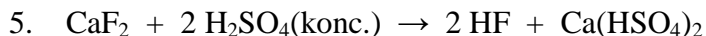
za každou uvedenou rovnici 0,5 bodu; celkem 1,5 bodu



0,5 bodu



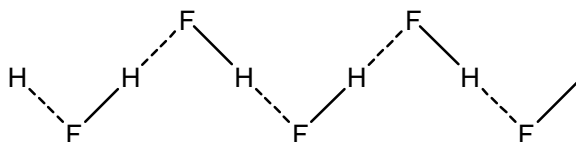
0,5 bodu



HF se nevyrábí přímou reakcí prvků, tento způsob je vhodný pouze pro výrobu HCl a HBr.

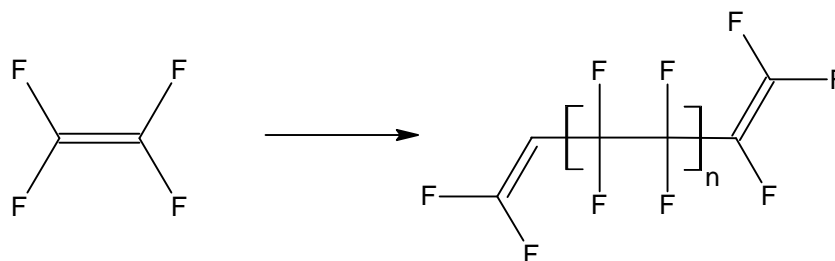
Lze akceptovat i vyrovnanou rovnici s  $\text{CaSO}_4$  jako vedlejším produktem. za rovnici 1 bod

6. vodíkové můstky



identifikace interakcí 0,5 bodu, náskres 0,5 bodu; celkem 1 bod

7.



znázornění polymerace 0,5 bodu

## Úloha 2 Nukleární magnetická rezonance

4 body

1. Tvar aniontu  $[\text{PF}_6]^-$  je oktaedr, všechny úhly FPF nabývají  $90^\circ$  (resp.  $180^\circ$  pro fluory v polohách *trans*).

1 bod

2. 1:6:15:20:15:6:1

1 bod

3.  $^{19}\text{F}$  NMR spektrum  $\text{CCl}_3\text{F}$  bude tvořeno pouze singletem. V okolí fluoru se nenachází žádné NMR aktivní jádro, které by signál štěpilo na multiplet.  $\text{CCl}_3\text{F}$  tedy náleží spektrum A.  $^{19}\text{F}$  NMR spektrum  $\text{CF}_3\text{CCl}_2\text{F}$  bude tvořeno dvojicí signálů. Fluory z uskupení  $\text{CF}_3$  bude v NMR spektru reprezenovat dublet (štěpení způsobí vliv jednoho fluoru na sousedním atomu uhlíku  $1 + 1 = 2$ ), zatímco signál příslušející fluoru ze skupiny  $\text{CCl}_2\text{F}$  bude tvořit kvartet ( $3 + 1 = 4$ ). Správné je tedy spektrum C.

za správné určení spektra po 0,5 bodu, za správný komentář po 0,5 bodu; celkem tedy 2 body

## Úloha 3 Acidobazické děje

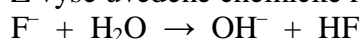
3 body

1. Fluorid sodný je sůl silné zásady a slabé kyseliny. Fluoridový anion podléhá hydrolyze za vzniku hydroxidového aniontu. Roztok uvedené soli bude tedy reagovat zásaditě. *0,5 bodu*
2. Hydrolyze podléhá pouze fluoridový anion, který vzniká ve vodném prostředí disociací NaF.  

$$\text{F}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{OH}^- + \text{HF}$$
*za rovnici hydrolyzy 0,5 bodu*
3. Pro disociaci fluorovodíku lze napsat rovnovážnou disociační konstantu ve tvaru:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}]}$$

Z výše uvedené chemické rovnice popisující hydrolyzu:



lze definovat látkovou bilanci jako:

$$c = [\text{HF}] + [\text{F}^-],$$

a nábojovou bilanci jako:

$$c = [\text{Na}^+] = [\text{F}^-] + [\text{OH}^-],$$

kde  $c$  je analytická koncentrace fluoridu sodného.

Tj.,  $[\text{HF}] = [\text{OH}^-]$ .

Pro koncentraci nedisociovaného HF tedy platí:

$$[\text{HF}] = c - [\text{F}^-].$$

Dosazením do vztahu pro rovnovážnou konstantu dostaneme:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}]} = \frac{[\text{H}^+](c - [\text{OH}^-])}{[\text{OH}^-]}.$$

Protože koncentrace iontů  $\text{H}^+$  a  $\text{OH}^-$  je svázána přes iontový součin vody, tj.:

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-],$$

získáváme po dosazení:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+](c - [\text{OH}^-])}{[\text{OH}^-]} = \frac{[\text{H}^+](c - \frac{K_w}{[\text{H}^+]})}{\frac{K_w}{[\text{H}^+]}} = [\text{H}^+]^2 \left( \frac{c}{K_w} - \frac{1}{[\text{H}^+]} \right) = \frac{c}{K_w} [\text{H}^+]^2 - [\text{H}^+].$$

Řešením uvedené kvadratické rovnice získáváme jeden reálný kořen, jehož hodnota je:

$$[\text{H}^+] = \frac{1 + \sqrt{1 + 4 \cdot \frac{c}{K_w} \cdot K_a}}{2 \frac{c}{K_w}} = \frac{1 + \sqrt{1 + 4 \cdot \frac{0,3}{10^{-14}} \cdot 3,53 \cdot 10^{-4}}}{2 \frac{0,3}{10^{-14}}} = 3,43 \cdot 10^{-9},$$

a tedy  $\text{pH} = 8,46$ .

Poznámka: úlohu lze řešit poněkud jednodušším způsobem, pokud si uvědomíme, že objem hydrolyzy aniontu  $\text{F}^-$  je malý, a koncentraci HF lze tedy oproti koncentraci  $\text{F}^-$  zanedbat, tj.:

$$c \sim [\text{F}^-].$$

Poté dostáváme:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot c}{[\text{OH}^-]} = \frac{[\text{H}^+] \cdot c}{\frac{K_w}{[\text{H}^+]}} = [\text{H}^+]^2 \left( \frac{c}{K_w} \right),$$

a odtud:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_a \cdot K_w}{c}} = \sqrt{\frac{3,53 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-14}}{0,3}} = 3,43 \cdot 10^{-9}.$$

Poznámka: je dobré si uvědomit, že obě řešení jsou plně konzistentní – v rigorózním řešení pomocí kvadratické rovnice lze v součtu v čitateli některé malé členy zanedbat, a dostáváme:

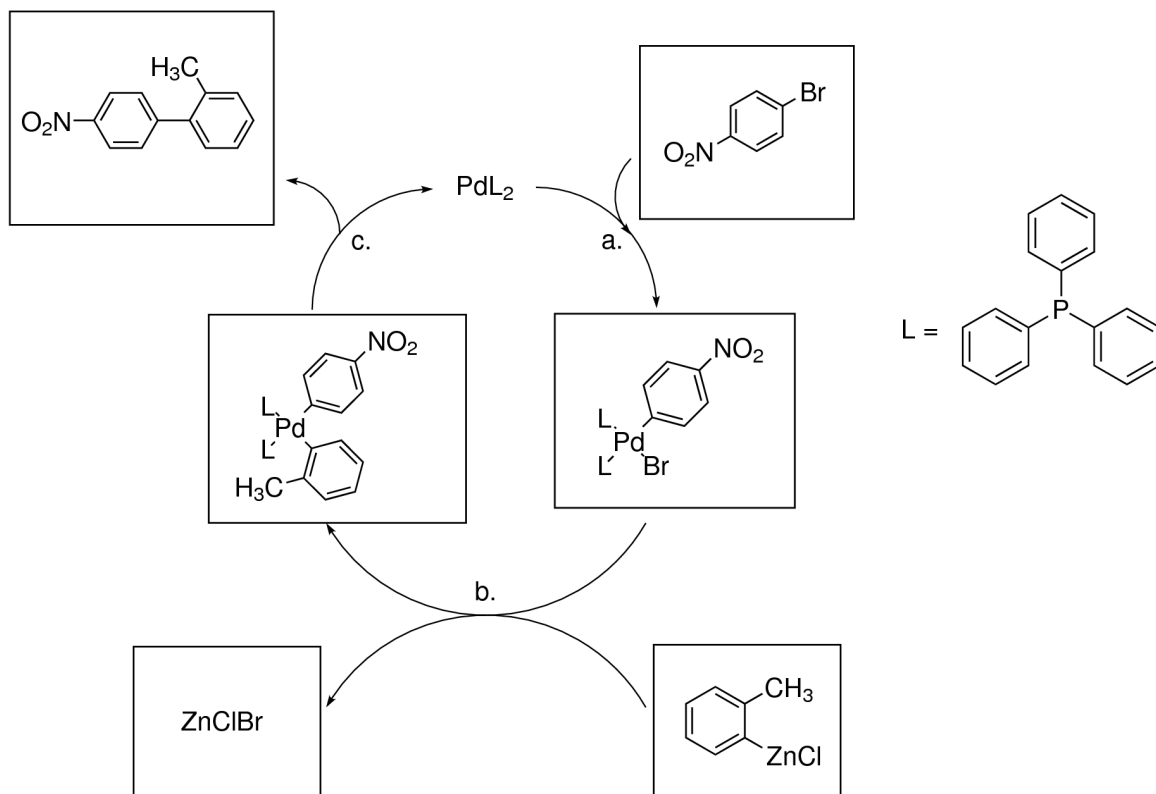
$$[\text{H}^+] = \frac{1 + \sqrt{1 + 4 \cdot \frac{c}{K_w} \cdot K_a}}{2 \frac{c}{K_w}} = \frac{\sqrt{4 \cdot \frac{c}{K_w} \cdot K_a}}{2 \frac{c}{K_w}} = \frac{\sqrt{\frac{c}{K_w}} \cdot \sqrt{K_a}}{\frac{c}{K_w}} = \frac{\sqrt{\frac{c}{K_w}} \cdot \sqrt{K_a}}{\sqrt{\frac{c}{K_w}} \cdot \sqrt{\frac{c}{K_w}}} = \frac{\sqrt{K_a}}{\sqrt{\frac{c}{K_w}}} = \sqrt{\frac{K_a \cdot K_w}{c}}$$

2 body

(uznat lze samozřejmě i jiné smysluplné řešení (např. výpočet za použití hydrolytické konstanty  $K_h$ ))

Úloha 1 Cross-couplingové reakce

4,5 bodu

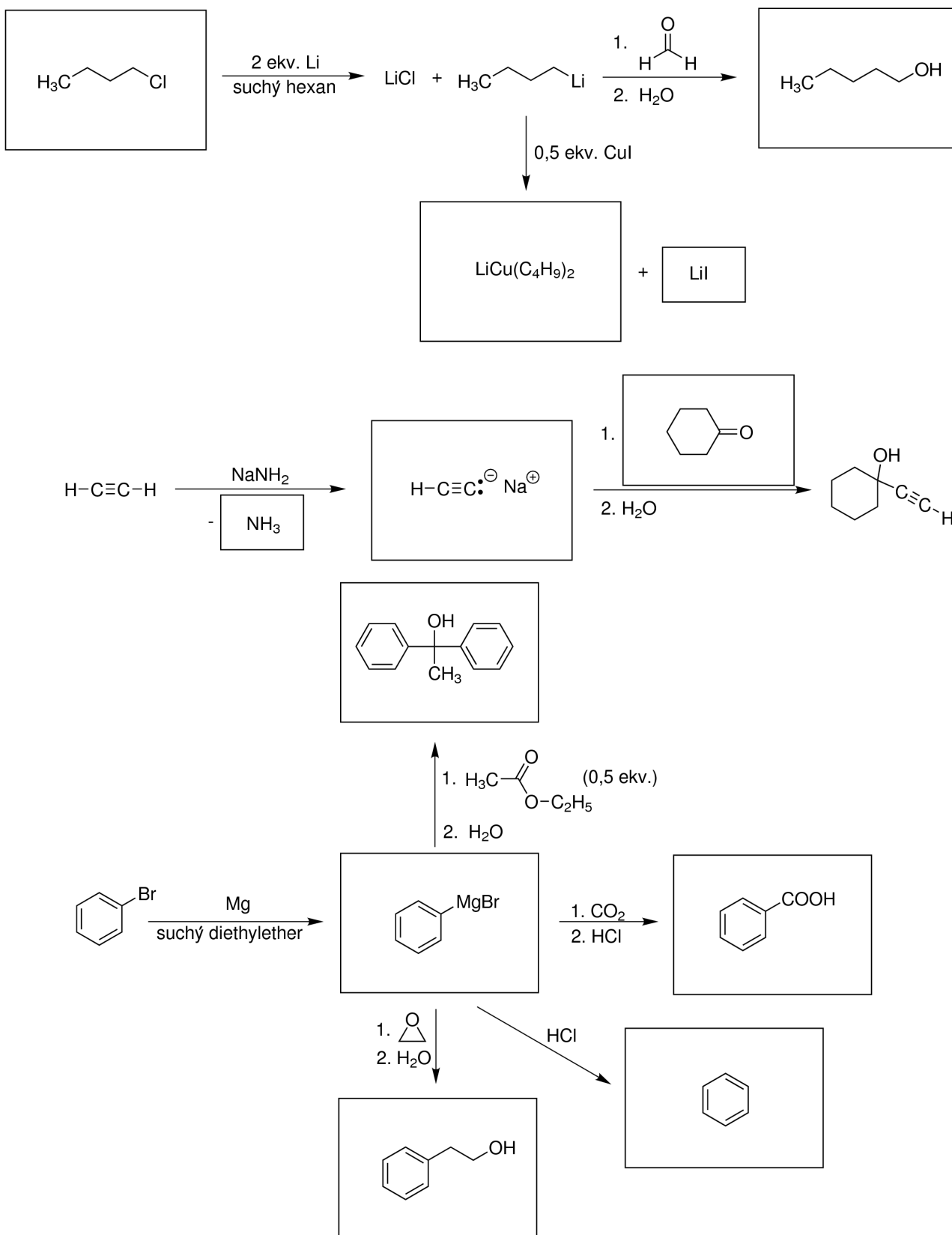


- a) oxidativní adice
- b) transmetalace
- c) redukční eliminace

za každou správně doplněnou strukturu 0,5 bodu, za správné určení oxidativní adice, redukční eliminace a transmetalace také 0,5 bodu

Úloha 2 Příprava a reakce organokovových sloučenin

6 bodů

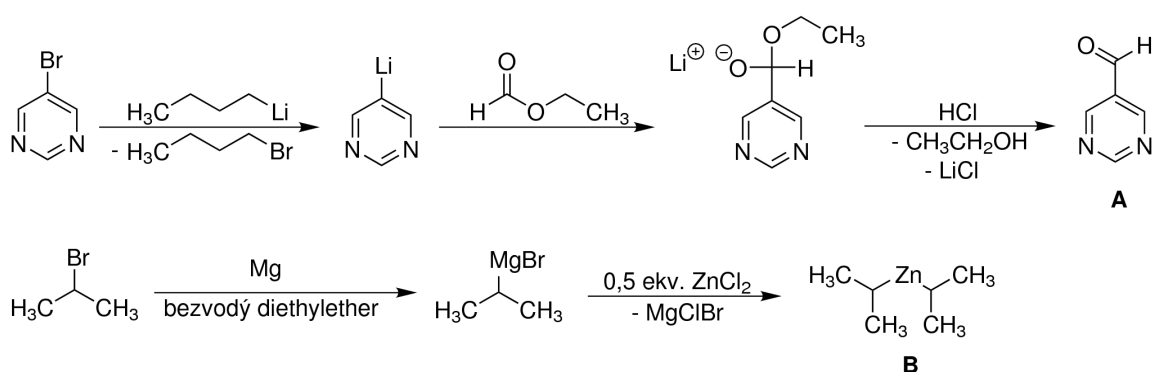


za každou sloučeninu správně doplněnou do rámečku 0,5 bodu

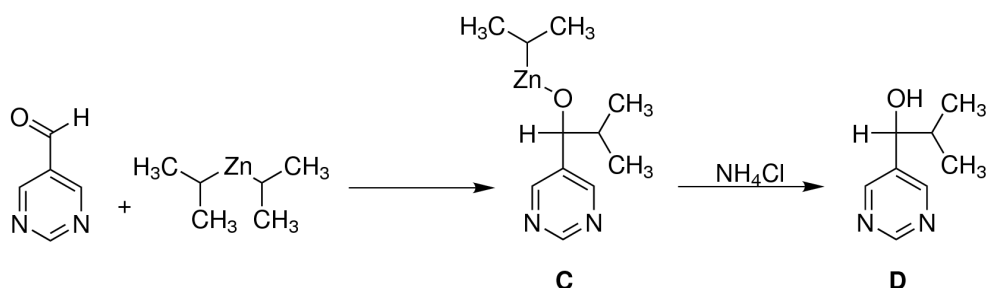
Úloha 3 Asymetrická autokatalýza při adici organokovů

5,5 bodu

1. Přípravu sloučenin A a B popisují následující rovnice:



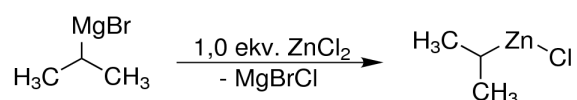
Pyrimidin-5-karbaldehyd (sloučenina **A**) reaguje s diisopropylzinkem (sloučenina **B**) za vzniku alkoholátu **C**, který vodným roztokem NH<sub>4</sub>Cl hydrolyzuje za vzniku 2-methyl-1-(pyrimidin-5-yl)propan-1-olu (sloučenina **D**).



za každou správnou strukturu 1 bod

Vazbu mezi kovem a atomem kyslíku v alkoholátu je možno psát jako iontovou nebo kovalentní.

2. Reakcí bezvodého chloridu zinečnatého s isopropylmagnesium-bromidem vzniká isopropylzincum-chlorid.



za správnou strukturu produktu 0,5 bodu

Jako správnou odpověď lze také uzнат isopropylzincumbromid.

3. Hlavním vedlejším produktem je pyrimidin.



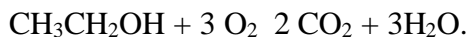
za správnou strukturu vedlejšího produktu 1 bod



## Úloha 1 Koňak

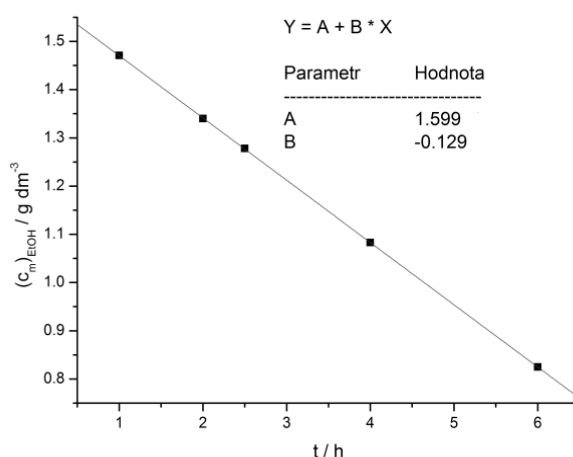
4 body

1.



za správnou a správně vyčíslenou rovnici 0,5 bodu

2. Vynesením experimentálních hodnot závislosti hmotnostní koncentrace ethanolu v krvi na čase obdržíme graf:



Vzhledem k tomu, že závislost koncentrace ethanolu na čase je téměř čistě lineární, jedná se o kinetiku nultého řádu.

za určení správného řádu kinetiky 1 bod  
Uznávat i správné alternativní metody.

3. Kinetická rovnice nultého řádu má obecný tvar  $c_m(t) = c_m(0) - kt$ . Z grafu z předchozího příkladu je evidentní, že  $a = c_m(0)$  a  $B = -k$ . Původní koncentrace ethanolu v krvi je tedy  $1,60 \text{ g dm}^{-3}$  a rychlostní konstanta odbourávání  $0,129 \text{ g dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ .

za určení rychlostní konstanty 0,75 bodu, za správnou jednotku 0,25 bodu  
celkem 1 bod

Doba, za kterou autor vystřízliví je (z rychlostní rovnice)  $t = (c_m(0) - c_m(t))/k$ . Požadujeme úplné vystřízlivění, a proto  $c_m(t) = 0$ . Z toho je pak  $t = c_m(0)/k = 1,600/0,1291 = 12,4 \text{ h}$ .

za vyjádření a uplatnění podmínky vystřízlivění 0,5 bodu, za správný výsledek 0,5 bodu  
celkem 1 bod

4. Odbourávání ethanolu probíhá skrze větší množství metabolických drah, některé z nich mohou být navíc odbouráváním saturovány, tj. dochází ke katalytickému zpracování s přebytkem substrátu. Navíc se nejedná o elementární reakci. Celkový řád takového sledu reakcí pak může formálně respektovat kinetiku nultého řádu.

za jakékoliv smysluplné vysvětlení 0,5 bodu

Úloha 2 Ozonová díra

4 body

1. Z rovnic, které popisují mechanismus reakce, je časová změna parciálního tlaku ozonu rovna:

$$\frac{dp_{O_3}}{dt} = -k_1 p_{O_3}^2 - k_2 p_{O_3} p_{O_2} + k_{-1} p_{O_3} p_{O_2} p_{O_2}$$

za uvedení rychlostní rovnice 0,5 bodu

2. Pro atom kyslíku je z uvedeného mechanismu časová změna jeho parciálního tlaku:

$$\frac{dp_{O}}{dt} = k_1 p_{O_3}^2 - k_2 p_{O_3} p_{O_2} - k_{-1} p_{O_3} p_{O_2} p_{O_2}$$

Aplikací aproximace stacionárního stavu, tedy  $dp_{O}/dt = 0$ , obdržíme pro stacionární parciální tlak atomu kyslíku:

$$\frac{dp_{O}}{dt} = k_1 p_{O_3}^2 - k_2 p_{O_3} p_{O_2} - k_{-1} p_{O_3} p_{O_2} p_{O_2} = 0 \quad , \quad p_{O} = \frac{k_1 p_{O_3}^2}{k_2 p_{O_3} + k_{-1} p_{O_3} p_{O_2}}$$

Dosazením do rovnice pro časovou změnu tlaku ozonu obdržíme:

$$\frac{dp_{O_3}}{dt} = -k_1 p_{O_3}^2 - k_2 p_{O_3} \frac{k_1 p_{O_3}^2}{k_2 p_{O_3} + k_{-1} p_{O_3} p_{O_2}} + k_{-1} p_{O_3} p_{O_2} \frac{k_1 p_{O_3}^2}{k_2 p_{O_3} + k_{-1} p_{O_3} p_{O_2}}$$

Upravením tohoto výrazu dojdeme ke vztahu, ve kterém je za předpokladů  $k_1, k_{-1} \gg k_2$  možno zanedbat  $k_2$  oproti ostatním členům jmenovatele a krátit:

$$-\frac{dp_{O_3}}{dt} = \frac{2k_1 k_2}{k_{-1}} \cdot \frac{p_{O_3}^2}{p_{O_2}}$$

Porovnáním s experimentální rychlostní rovnicí je vidět, že  $k_{exp}$  je možné vyjádřit pomocí rychlostních konstant  $k_1, k_{-1}$  a  $k_2$  jako:

$$k_{exp} = \frac{2k_1 k_2}{k_{-1}}$$

Navržený mechanismus je tedy ve shodě s experimentální rychlostní rovnicí.

za sestavení aproximace stacionárního stavu 0,5 bodu

za úpravu rychlostní rovnice pro úbytek ozonu 1 bod

za vztah experimentální rychlostní konstanty s dílčími 0,5 bodu

za konstatování shody s experimentální rychlostní rovnicí 0,5 bodu

celkem 2,5 bodu

3. Z porovnání experimentální rychlostní rovnice a rychlostní rovnice pseudodruhého řádu je evidentní, že

$$k_{pseud,2} = \frac{k_{exp}}{p_{O_2}}$$

Parciální tlak kyslíku v atmosféře lze vyjádřit jako součin atmosferického tlaku a jeho objemového zlomku v atmosféře. Pak nabývá rychlostní konstanta pseudodruhého řádu hodnoty:

$$k_{pseud,2} = \frac{k_{exp}}{p_{atm} \varphi_{O_2}} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{101325 \cdot 0,21} = 9,4 \cdot 10^{-9} \text{ Pa}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

za správně vypočítanou rychlostní konstantu pseudodruhého řádu 1 bod

**Úloha 3 Elektrofilní aromatická substituce**

**2 body**

1. Dle Arrheniovy rovnice je rychlostní konstanta přímo úměrná exponenciální funkci záporně vzaté aktivační energie (za konstantní teploty). Proto s rostoucí aktivační energií klesá rychlostní konstanta reakce. Nejvyšší aktivační energii má tak substituce v *ortho*- poloze.

*za vysvětlení a uvedení reakce 0,5 bodu*

2. Pro výpočet poměru molárních zlomků produktů je třeba si uvědomit, že *o*- a *m*- polohy existují v (trifluormethyl)benzenu dvě. Proto budou molární zlomky nitroderivátů

$$x_{o.} : x_{m.} : x_{p.} = 2 \cdot k_{ortho} : 2 \cdot k_{meta} : k_{para} = 2 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6} : 2 \cdot 6,7 \cdot 10^{-5} : 4,6 \cdot 10^{-6} = 9 : 134 : 4,6 \approx 2 : 15 : 1$$

*za využití poměru rychlostních konstant a molárních zlomků s uvedenými koeficienty 1 bod  
za výsledek ve tvaru poměru malých celých či racionálních čísel 0,5 bodu  
celkem 1,5 bodu*

**Úloha 4 Brokolice, mrazák a doba použitelnosti potravin**

**6 bodů**

1. Dle zadání platí pro teplotní koeficient  $Q_{10}$  (v případě, že  $\Delta T = 10$  K)

$$Q_{10} = \frac{t_0}{t_p} = \frac{t_p(T_0)}{t_p(T_0 + \Delta T)} = \frac{k_z(T_0 + \Delta T)}{k_z(T_0)} = e^{-\frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_0 + \Delta T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

Logaritmováním a úpravou obdržíme (pro aktivační energii v  $\text{J mol}^{-1}$ ):

$$\ln Q_{10} = \frac{E_a}{R} \cdot \frac{\Delta T}{T_0(T_0 + \Delta T)} \rightarrow \ln Q_{10} = (1,56 \cdot 10^{-5} \text{ J}^{-1} \cdot \text{mol}) \cdot E_a$$

*za sestavení definičního vztahu pro  $Q_{10}$  0,5 bodu, za správně odvozený vztah 0,5 bodu  
za správný numerický převodní vztah 0,5 bodu  
celkem 1,5 bodu*

2. Pro doby použitelnosti brokolice při  $-18$  °C (255 K) a při  $-10$  °C (263 K) platí následující vztahy:

$$\frac{t_0}{t_p(-18 \text{ °C})} = \exp \left( \frac{E_a}{R} \cdot \frac{\Delta T(-18 \text{ °C})}{T_0(T_0 + \Delta T(-18 \text{ °C}))} \right),$$

$$\frac{t_0}{t_p(-10 \text{ °C})} = \exp \left( \frac{E_a}{R} \cdot \frac{\Delta T(-10 \text{ °C})}{T_0(T_0 + \Delta T(-10 \text{ °C}))} \right)$$

Podělením těchto dvou rovnic eliminujeme  $t_0$  a vyjádříme dobu použitelnosti při  $-10$  °C:

$$\frac{\frac{t_0}{t_p(-18 \text{ °C})}}{\frac{t_0}{t_p(-10 \text{ °C})}} = \exp \left( \frac{E_a}{RT_0} \cdot \left( \frac{\Delta T(-18 \text{ °C})}{T_0 + \Delta T(-18 \text{ °C})} - \frac{\Delta T(-10 \text{ °C})}{T_0 + \Delta T(-10 \text{ °C})} \right) \right)$$

$$t_p(-10 \text{ °C}) = t_p(-18 \text{ °C}) \cdot \exp \left( \frac{E_a}{RT_0} \cdot \left( \frac{\Delta T(-18 \text{ °C})}{T_0 + \Delta T(-18 \text{ °C})} - \frac{\Delta T(-10 \text{ °C})}{T_0 + \Delta T(-10 \text{ °C})} \right) \right)$$

Neznámou aktivační energii určíme za pomoci odvozeného převodního vztahu:

$$E_a = \frac{\ln Q_{10}}{1,56 \cdot 10^{-5} \text{ J}^{-1} \cdot \text{mol}} = \frac{\ln 20}{1,56 \cdot 10^{-5} \text{ J}^{-1} \cdot \text{mol}} = 192000 \text{ J mol}^{-1}$$

Dosazením obdržíme:

$$t_p(-10^\circ\text{C}) = 1 \cdot \exp\left(\frac{192000}{8,314 \cdot 273} \cdot \left(\left(-\frac{18}{273-18}\right) - \left(-\frac{10}{273-10}\right)\right)\right) = 0,0636 \text{ y} \approx 23 \text{ d}$$

Brokolice tedy v mrazicí přihrádce vydrží jen nepatrně přes tři týdny.

*za vyjádření doby použitelnosti 1,5 bodu*

*za vyčíslení aktivační energie 0,5 bodu*

*za správný výsledek 0,5 bodu*

*celkem 2,5 bodu*

3. Pro celkovou část ztracené doby použitelnosti platí v tomto případě:

$$F = \sum_i \left(\frac{t_i}{t_{pi}}\right)_{r_i} = \frac{t(-24^\circ\text{C})}{t_p(-24^\circ\text{C})} + \frac{t(-10^\circ\text{C})}{t_p(-10^\circ\text{C})} + \frac{t(-18^\circ\text{C})}{t_p(-18^\circ\text{C})}$$

Je třeba dopočítat dobu použitelnosti při  $-24^\circ\text{C}$ . k tomu využijeme vztahu z příkladu 2.:

$$t_p(-24^\circ\text{C}) = t_p(-18^\circ\text{C}) \cdot \exp\left(\frac{E_a}{RT_0} \cdot \left(\frac{\Delta T(-18^\circ\text{C})}{T_0 + \Delta T(-18^\circ\text{C})} - \frac{\Delta T(-24^\circ\text{C})}{T_0 + \Delta T(-24^\circ\text{C})}\right)\right)$$

$$t_p(-24^\circ\text{C}) = 1 \cdot \exp\left(\frac{192000}{8,314 \cdot 273} \cdot \left(\left(-\frac{18}{273-18}\right) - \left(-\frac{24}{273-24}\right)\right)\right) = 8,87 \text{ y}$$

Dosazením příslušných časů a dob použitelnosti dříve vypočtených do vztahu pro celkovou část ztracené doby použitelnosti máme:

$$F = \frac{3}{8,87 \text{ y}} + \frac{3}{365,25 \text{ y}} + \frac{14}{365,25 \text{ y}} = 0,20 \approx \frac{1}{5}$$

Zákazník tedy koupí (nevědomky) zboží, které má již pětinu své použitelnosti za sebou.

*za rozvinutí vztahu pro jednotlivé časové úseky 0,5 bodu*

*za dopočet doby použitelnosti 1 bod*

*za správný výsledek 0,5 bodu*

*celkem 2 body*

**BIOCHEMIE**

**12 BODŮ**

**Úloha 1**

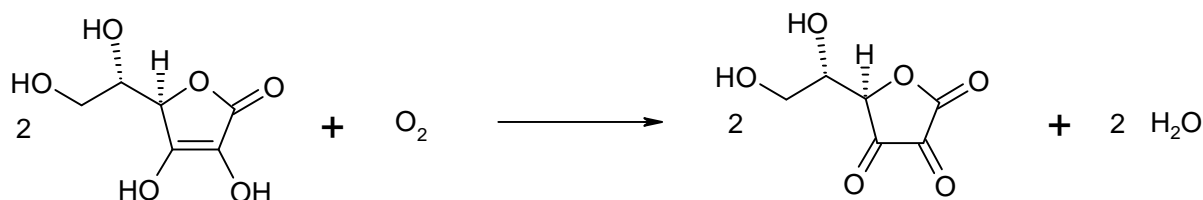
**6 bodů**

1. Kinázy přenášejí fosfátovou skupinu z energeticky bohaté sloučeniny (například ATP) na jiný substrát. *1 bod*
2. Esterázy hydrolyzují estery na karboxylovou kyselinu a alkohol. *1 bod*
3. Proteázy hydrolyzují proteiny. *1 bod*
4. Dismutázy katalyzují disproportionace. *1 bod*
5. Peroxidáza oxiduje peroxidem vodíku jiný substrát. *1 bod*
6. Kataláza rozkládá (katalyzuje disproportionaci) peroxid vodíku na kyslík a vodu. *1 bod*

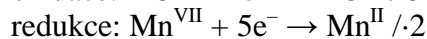
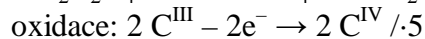
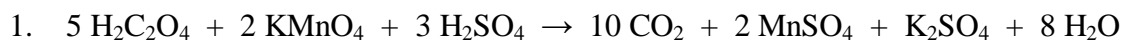
**Úloha 2**

**6 bodů**

1.



2. Měďnatý ion je obsažen v askorbát oxidáze, a proto funguje jako její aktivátor, navíc  $\text{Cu}^{2+}$  v přítomnosti  $\text{O}_2$  katalyzuje oxidaci askorbátu i bez enzymu. Takže v přítomnosti mědi by na vzduchu rychle klesal obsah k. askorbové (vitamínu C) v příslušné ovocné šťávě. *2 body*
3.  $\text{Zn}^{2+}$ . *1 bod*
4. Hem (protoporfyrin IX s iontem  $\text{Fe}^{3+}$ ). *1 bod*

**PRAKTICKÁ ČÁST (40 BODŮ)****Úloha 1 Manganometrie – standardizace odměrného roztoku  $\text{KMnO}_4$** **16 bodů***za správně vyrovnanou rovnicí 2 body*

2. Výpočet navážky dihydrátu kyseliny šťavelové:

$$n_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = \frac{5}{2} n_{\text{KMnO}_4}$$

$$n_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = \frac{5}{2} c_{\text{KMnO}_4} \cdot V_{\text{KMnO}_4}$$

$$n_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = \frac{5}{2} \cdot 0,02 \cdot 0,015$$

$$n_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$m_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \cdot M_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}$$

$$m_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot 126,07$$

$$m_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 0,095 \text{ g}$$

*za správný výpočet hmotnosti 3 body  
uznat lze jakýkoliv smysluplný výpočet**za provedení standardizace manganistanu draselného 6 bodů*

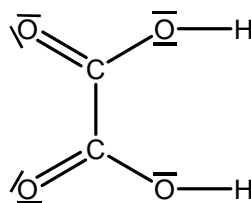
3. Výpočet přesné koncentrace manganistanu draselného:

Výpočet provedeme třikrát, pro každou navážku zvlášť a následně vypočítáme průměr ze tří hodnot molárních koncentrací.

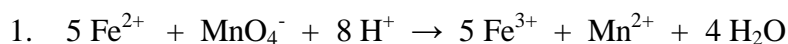
$$c_{\text{KMnO}_4} = \frac{2}{5} \cdot \frac{m_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{KMnO}_4}}$$

*za jakýkoliv správný výpočet tří hodnot molárních koncentrací 3 body, za průměrnou hodnotu 1 bod*

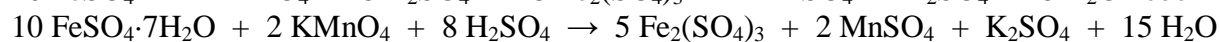
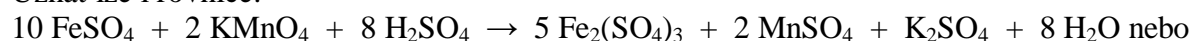
4.

*1 bod*

**Úloha 2 Stanovení obsahu nečistot v heptahydrátu síranu železnatého 24 bodů**



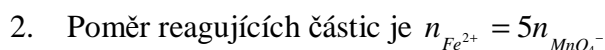
Uznat lze i rovnice:



za správné sestavení rovnice 2 body, za vyčíslení 1 bod; celkem 3 body

Bodové hodnocení titrací

Odchylka $\Delta V$ [cm <sup>3</sup> ]	Bodové ohodnocení
0 – 0,3	16
0,3 – 1,3	16(1,3 – odchylka)
$\geq 1,3$	0



Látkové množství  $\text{Fe}^{2+}$  v titrační baňce je  $n_{\text{Fe}^{2+}} = 5 \cdot c_{\text{MnO}_4^-} \cdot V_{\text{MnO}_4^-}$

Látkové množství  $\text{Fe}^{2+}$  v odměrné baňce  $n_{\text{Fe}^{2+}} = 10 \cdot 5 \cdot c_{\text{MnO}_4^-} \cdot V_{\text{MnO}_4^-}$

Experimentálně stanovená hmotnost  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  v odměrné baňce je

$$m_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} = 5 \cdot 10 \cdot c_{\text{MnO}_4^-} \cdot V_{\text{MnO}_4^-} \cdot M_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}$$

Výpočet obsahu nečistot v technickém  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

navážka  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  v g .....100 %

vypočtená hmotnost  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  .....x %

obsah nečistot lze vypočítat jako 100 – x

za jakýkoliv smysluplný výpočet 4 body

3. Zelená skalice

1 bod

## Úloha 3

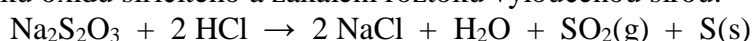
40 bodů

1. Indikátorovým papírkem zjistíme pH jednotlivých roztoků. Silně alkalickou reakci vykazuje zkumavka č. 3 a 5. Ve zkumavce č. 5 rozeznáme amoniak čichem. Z uvedených látek může vykazovat silně alkalickou reakci pouze hydroxid sodný.

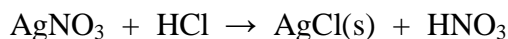
Slabě alkalickou reakci vykazuje roztok ve zkumavce č. 2, což z uvedených látek může odpovídat pouze hydrogenuhličitanu sodnému. Přídavkem kyseliny chlorovodíkové k roztoku NaHCO<sub>3</sub> dochází k jeho rozkladu za vzniku plynného oxidu uhličitého:



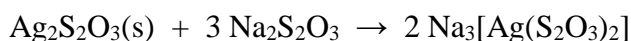
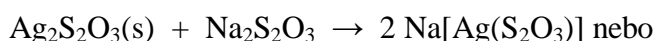
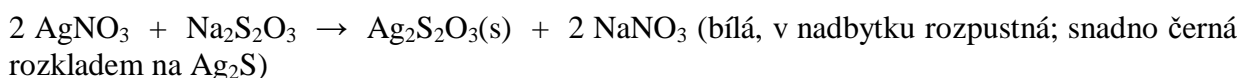
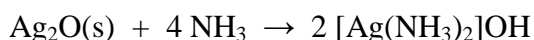
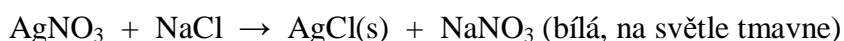
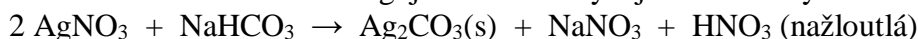
Přídavkem kyseliny chlorovodíkové k roztoku ve zkumavce č. 7 dochází k rozkladu thiosíranu sodného za vzniku oxidu siřičitého a zakalení roztoku vyloučenou sírou:



Přídavkem kyseliny chlorovodíkové k roztoku ve zkumavce č. 1 vzniká bílá sraženina, která účinkem světla tmavne:



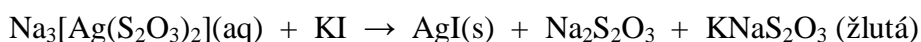
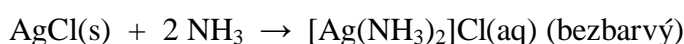
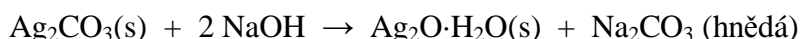
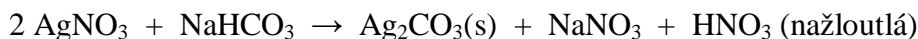
Roztok ve zkumavce č. 1 reaguje se všemi zbývajících roztoky za vzniku sraženin:



Na základě těchto reakcí lze rozlišit, ve kterých zkumavkách se nachází roztoky chloridu sodného, bromidu sodného a jodidu draselného.

2. Na základě výše uvedených reakcí se jedná o stříbrný kation.

3. Rovnice reakcí:





**Řešení školního kola ChO kat. A a E 2012/2013**

*každá správně přiřazená látka k číslu zkumavky 2 body; celkem 16 bodů  
určení neznámého kationtu 3 body  
popis jednotlivých změn v úkolu 3 pomocí rovnic po 3 bodech, celkem 21 bodů  
za celou úlohu celkem 40 bodů*

## POKYNY PRO PŘÍPRAVU PRAKTICKÉ ČÁSTI

### Pomůcky:

- Pipeta 10 cm<sup>3</sup>,
- Byreta 25 cm<sup>3</sup> (případně 50 cm<sup>3</sup>),
- Odměrná baňka 100 cm<sup>3</sup>,
- Odměrný válec 10 cm<sup>3</sup> a 25 cm<sup>3</sup>,
- Malá nálevka,
- Větší nálevka,
- Titrační baňka 250 cm<sup>3</sup> – 3 ks,
- Hodinové sklíčko,
- Pipetovací balónek (nebo jiný nástavec),
- Kádinky – 2 ks (o objemu 150 cm<sup>3</sup>),
- Porcelánová lodička (4 ks),
- Stříčka s destilovanou vodou,
- Kahan (případně elektrický vaříč),
- Gumová ochrana na prsty,
- Teploměr (do 100 °C).

### Chemikálie:

- Kyselina sírová  $c = 2 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ,
- Roztok manganistanu draselného  $c = 0,02 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ,
- Dihydrát kyseliny šťavelové,
- Heptahydrát síranu železnatého.

*Příprava roztoku manganistanu draselného o koncentraci  $0,02 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$*

3,16 g  $\text{KMnO}_4$  rozpustíme v malém objemu vody a doplníme na 1 dm<sup>3</sup>. Spotřeba na jednoho studenta činí cca 250 cm<sup>3</sup>.

*Příprava roztoku kyseliny sírové o koncentraci  $2 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$*

Kyselinu připravíme smísením 11 cm<sup>3</sup> 98 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$  s vodou a doplněním na objem 100 cm<sup>3</sup>. Spotřeba na jednoho studenta činí cca 50 cm<sup>3</sup>.

*Navážka dihydrátu kyseliny šťavelové*

Na analytických vahách třikrát navážíme po 0,095 g (odpovídá spotřebě 15 cm<sup>3</sup>  $0,02 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{KMnO}_4$ ).

*Navážka heptahydrátu síranu železnatého*

Na lodičku navážíme např. 5,000 g technického  $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Pokud máme k dispozici pouze čistý (případně p. a.)  $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , tak studentům uvedeme navážku o 5 % vyšší (např. místo navážených 4,950 g uvedeme 5,200 g). Pozn. Spotřeba  $0,02 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{KMnO}_4$  by měla být kolem 18 cm<sup>3</sup>.

Organizátoři musí sami stanovit čistotu  $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (jak v případě technického, tak i v případě čistého) a podle toho spočítat, jaká by měla být spotřeba manganistanu draselného na studentovu navážku.

### **Doplňková úloha kategorie E**

#### **Pomůcky:**

- Stojánek na zkumavky,
- Zkumavky (10 ks),
- Kartáček na zkumavky,
- Očíslované zkumavky se vzorky (8 ks),
- Tyčinka,
- 100 ml kádinka,
- 5 pipet (2 ml),
- 3 pipety (5 ml),
- Odměrný válec (25 ml),
- Stříčka s destilovanou vodou,
- Univerzální indikátorový papírek.

#### **Chemikálie:**

- činidlo –  $2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ HCl}$

*Očíslované zkumavky naplnit následujícími roztoky:*

- zkumavka č. 1 –  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ AgNO}_3$
- zkumavka č. 2 –  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ NaHCO}_3$
- zkumavka č. 3 –  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ NaOH}$
- zkumavka č. 4 –  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ NaCl}$
- zkumavka č. 5 –  $5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ NH}_3$
- zkumavka č. 6 –  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ NaBr}$
- zkumavka č. 7 –  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- zkumavka č. 8 –  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ KI}$

## CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

Soutěžní úlohy studijní a praktické části a Autorská řešení soutěžních úloh kategorií A a E  
49. ročník – 2012/2013

---

<b>Vydala:</b>	Vysoká škola chemicko-technologické v Praze, Vydavatelství VŠCHT Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6
<b>Autoři kategorií A a E:</b>	RNDr. Valerie Richterová, Ph.D. Mgr. Václav Kubát Mgr. Jaromír Literák, Ph.D. Mgr. Radek Matuška Mgr. Martin Hrubý, Ph.D. Ing. Josef Janků
<b>Odborná recenze:</b>	Ing. Zdeněk Bureš Mgr. Václav Martínek, Ph.D. doc. RNDr. Jan Kotek, Ph.D. prof. Ing. František Liška, CSc. doc. RNDr. Petr Slaviček, Ph.D.
<b>Pedagogická recenze:</b>	RNDr. Vladimír Vít doc. RNDr. Helena Klímová, CSc. RNDr. Petr Holzhauser, Ph.D.
<b>Redakce:</b>	RNDr. Zuzana Kotková
<b>Rok vydání:</b>	2012
<b>Počet stran:</b>	51
<b>Náklad:</b>	50 ks