



53. ročník

2016/2017

NÁRODNÍ KOLO

kategorie A a E

ZADÁNÍ TEORETICKÉ ČÁSTI: 60 BODŮ

časová náročnost: 180 minut

ANORGANICKÁ CHEMIE

16 BODŮ

Úloha 1 Mart'an

6 bodů

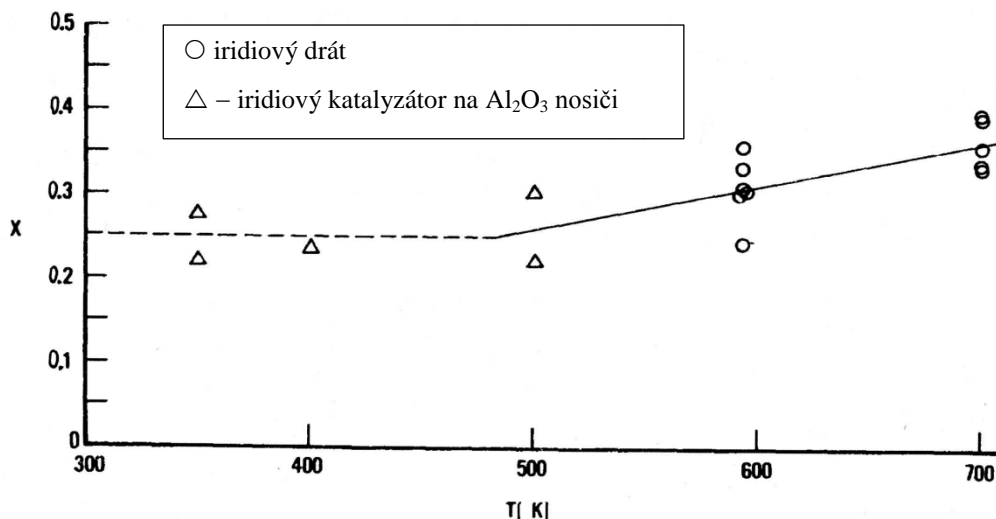
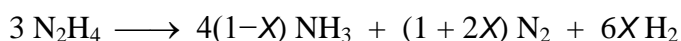
Jsem nejslavnějším mužem na Zemi. Až na to, že nejsem na zemi...

Jmenuji se Mark Watney a zkejsnul jsem na Marsu docela sám. Nejvíc mě trápí nedostatek vody. Abych přežil, potřebuju 250 litrů vody. Možná u toho umřu, ale budu si ji muset vyrobit. Přeci jenom ty kurzy chemie z přípravy k něčemu budou.

V přistávacím modulu zbylo 292 litrů hydrazinu. To je hodně nepříjemná kapalina. Používá se jako raketový palivo v hypergolický směsi s oxidem dusičitým. V motorech modulu zůstal taky iridiový katalyzátor. To je ono – na iridiu se hydrazin rozkládá na dusík a vodík. A ten já potřebuju! Štěkání vodíku nám ukazovali už na základce. Jdu na to. Pokud jsou tyhle řádky poslední, které čtete, tak to štěкло moc. A na místě, kde stával Hub, bude jen „Památeční kráter Marka Watneyho“.



1. Kolik litrů vody může Mark maximálně vyrobit ze zásob hydrazinu? Umře žízni? $\rho(\text{N}_2\text{H}_4) = 1,021 \text{ g cm}^{-3}$
2. *Hypergolická* reakce znamená, že se se palivo spontánně vznítí po kontaktu s oxidačním činidlem. Napište rovnici reakce hydrazinu s kapalným (dimerním) oxidem dusičitým.
3. Katalytický rozklad hydrazinu je ovšem komplikovanější, než si Mark myslí, může totiž vznikat také amoniak. NASA si nechala zpracovat studii¹ závislosti stechiometrie rozkladu hydrazinu na teplotě a použitém katalyzátoru:



Obrázek 1: Stechiometrie reakce.

¹ O. I. Smith, W. C. Solomon: Kinetics of Hydrazine Decomposition on Iridium and Alumina-Supported Iridium Catalysts, Air Force Rocket Propulsion Laboratory, California

Jaké doporučení ohledně katalyzátoru a teploty byste dali Markovi, aby vznikalo co nejméně amoniaku?

- Je vznikající amoniak problémem? Doložte rovnicí.
- V oblasti proložené přerušovanou čarou probíhá reakce podle definované stechiometrie. Zapište chemickou rovnici.
- Shodou okolností i iridiový katalyzátor na nosiči (Al_2O_3) byl pro účely studie připraven redukcí hexachloridoiriditanu vodným roztokem hydrazinu. Zapište iontovou rovnici.

Úloha 2 A kde se bere?

5 bodů

Mark věděl, že se o hydrazinu říká, že má kromě radioaktivity všechny skvělé vlastnosti, jaké může kapalina mít – těká, dráždí a leptá sliznice, je karcinogenní a hořlavý. A taky si pamatoval, že se už přes 200 let vyrábí pořád stejně – Raschigovým procesem.

- Nakreslete strukturní elektronový vzorec hydrazinu.
- Vazba N–N je slabší, než bychom na prvek 2. periody očekávali (podobně jako v H_2O_2 nebo molekule F_2). Proč?

V prvním kroku (1) Raschigova procesu je reakce chlornanu sodného s amoniakem při $5\text{ }^\circ\text{C}$. Ve druhém kroku (2) se vzniklý roztok chloraminu smísí s další roztokem amoniaku při teplotě $130\text{ }^\circ\text{C}$, vzniká hydrazin. Tento postup je nutný, aby se potlačila parazitní reakce (3) vznikajícího hydrazinu s chloraminem (vzniká dusík a sůl), která je katalyzována ionty přechodných kovů.

- Napište rovnice reakcí (1) – (3)
- Při výrobě se jeden z reaktantů reakce (2) používá ve 30násobném přebytku. Který to je a proč? Pro zvýšení výtěžku se do roztoků při výrobě přidává želatina, nebo EDTA. Proč?

Úloha 3 Organokovové katalyzátory

5 bodů

- Jsou následující sloučeniny/ionty z hlediska 18-tielektronového pravidla stabilní?

sloučenina/ion	splňuje 18- e^- pravidlo	
$[\text{Fe}(\eta^5\text{-Cp})(\text{Me})(\text{CO})_3]^-$	ANO	NE
$[\text{Mn}(\eta^5\text{-Cp})(\text{I})(\text{CO})_3]^+$	ANO	NE
$[\text{Cr}(\eta^6\text{-benzen})(\text{CO})_3]$	ANO	NE
$[\text{Ir}(\eta^5\text{-Cp})(\text{PMe}_3)(\text{H})_2]$	ANO	NE

Cp = cyklopentadienylový anion (C_5H_5^-); PMe_3 = trimethylfosfín, $\text{P}(\text{CH}_3)_3$

K hydrogenacím dvojných vazeb se často využívají jako katalyzátory koordinační sloučeniny rhodia, např. tzv. Wilkinsonův katalyzátor $[\text{Rh}(\text{PPh}_3)_3\text{Cl}]$ a jeho nejrůznější modifikace, např. $[\text{Rh}(\text{PPh}_3)_3(\text{H})(\text{CO})]$. Vlastní hydrogenace organického substrátu pak probíhá ve vodíkové atmosféře za laboratorní teploty.

- Jaký tvar mají koordinační polyedry sloučenin $[\text{Rh}(\text{PPh}_3)_3\text{Cl}]$ a $[\text{Rh}(\text{PPh}_3)_3(\text{H})(\text{CO})]$? Molekuly nakreslete s jednoznačným určením stereochemie.
- V případě modifikovaného katalyzátoru $[\text{Rh}(\text{PPh}_3)_3(\text{H})(\text{CO})]$ je nejprve nutná disociace jedné z trifenylfosfinových molekul, aby katalytická reakce vůbec probíhala. Proč?

4. Při některých hydrogenačních reakcích se jako vstupní stabilní prekurzory katalyzátorů využívají i klastrové karbonylové sloučeniny. Dvěma takovými příklady mohou být $[\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}]$ a $[\text{Fe}_4(\text{CO})_4(\eta^5\text{-Cp})_4]$. Navrhněte strukturu obou klastrů a nakreslete je.

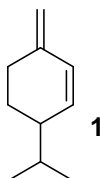
ORGANICKÁ CHEMIE

16 BODŮ

Úloha 1 β -Fellandren

6 bodů

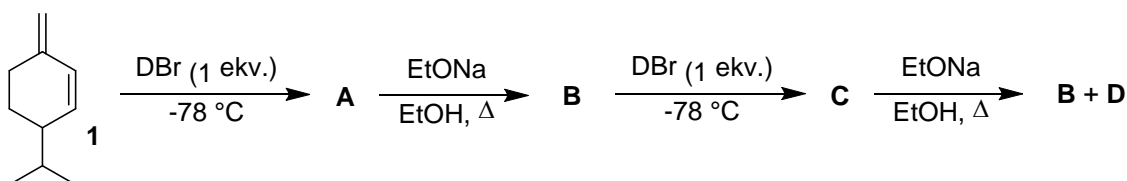
β -Fellandren (**1**, 6-isopropyl-3-methylidencyklohexen) je monoterpen, který se vyskytuje v silicích fenyklu a v kanadském balzámu. Podrobme ho nyní reakci s jedním ekvivalentem DBr.



- Kolik možných konstitučních izomerů lze touto reakcí teoreticky získat, neznáme-li bližší reakční podmínky a zanedbáme-li sterické a elektronové vlivy?
- Který konkrétní konstituční izomer dostaneme:
 - provedeme-li reakci při $-78\text{ }^\circ\text{C}$? Tento produkt bude dále označen jako **A**.
 - provedeme-li reakci při $60\text{ }^\circ\text{C}$ za současného ozařování UV světlem?

V obou případech svou volbu zdůvodněte.

Produkt reakce z úkolu 2a) (**A**) je dále podroben sérii dalších reakcí podle následujícího schématu:

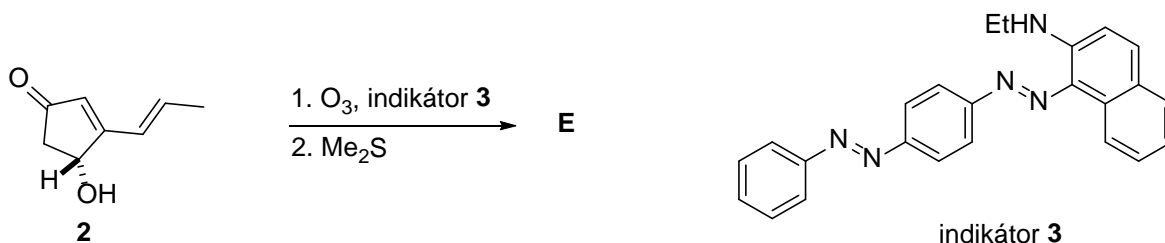


- Určete strukturu látek **B**, **C** a **D**. Látky **B** a **D** jsou izotopomery α -fellandrenu, konstitučního izomeru naší výchozí látky, β -fellandrenu.

Úloha 2 Pokročilé ozonolyzování

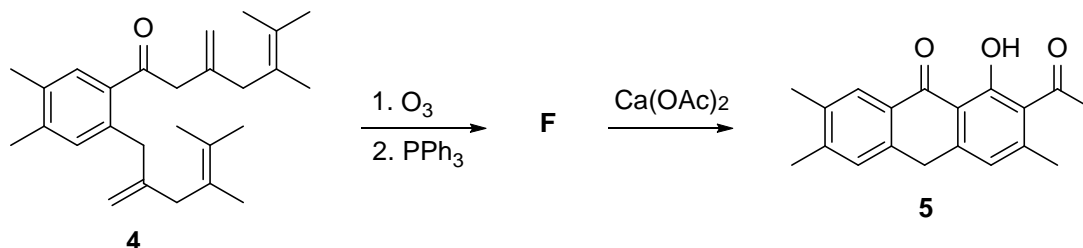
5 bodů

Ozonolýza alkenů je považována za destruktivní metodu, která oxidativně štěpí všechny dvojné vazby v molekule. Avšak v případě, že provedeme ozonolýzu např. dienu **2** v přítomnosti indikátoru **3**, lze provést chemoselektivní štěpení pouze reaktivnější dvojné vazby.



- Určete, jaký produkt **E** vznikne ozonolýzou dienu **2**.
- Vysvětlete funkci indikátoru **3**.

Ozonolýza je využívána pro přípravu karbonylových sloučenin, které lze dále modifikovat například aldolovou kondenzací. Příkladem tohoto využití je syntéza diketonu **5**.



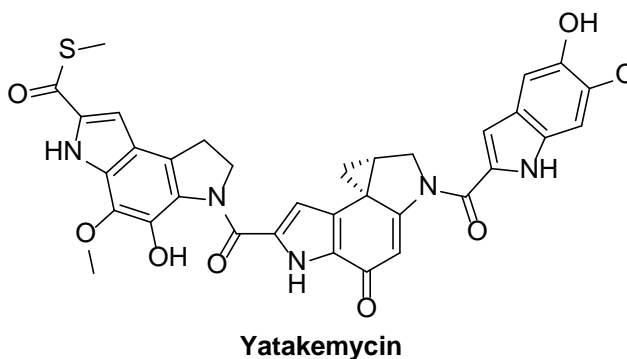
Ozonolýza je využívána pro přípravu karbonylových sloučenin, které lze dále modifikovat například aldolovou kondenzací. Příkladem tohoto využití je syntéza diketonu **5**.

- Napište strukturu polyketonu **F**, který vznikne úplnou ozonolýzou polyenu **4**.
- U ketonu **F** označte, které atomy uhlíku se účastní kondenzační reakce za vzniku diketonu **5**.

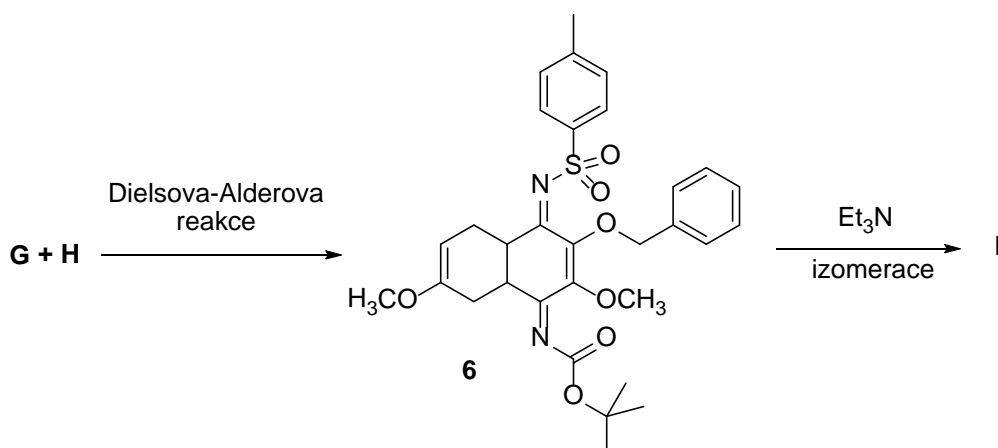
Úloha 3 Yatakemycin

5 bodů

Yatakemycin je přírodní látka izolovaná z kvasinek rodu *Streptomyces*. Je to antibiotikum, které má zároveň protirakovinné účinky. Není tedy divu, že si tato látka získala pozornost syntetických chemiků.

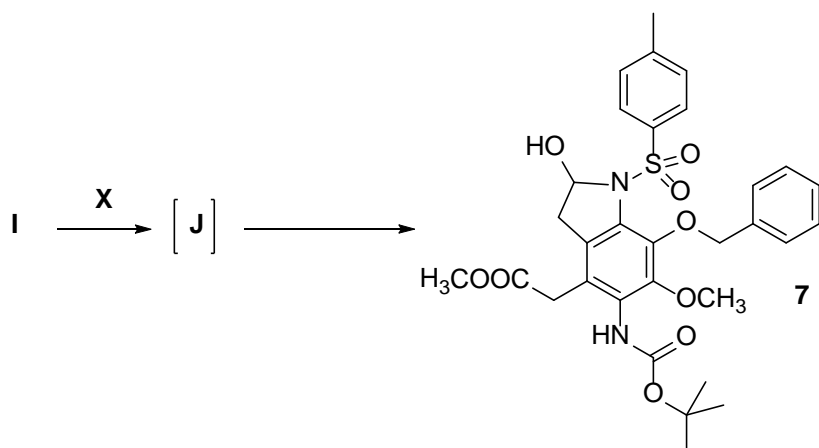


Součástí totální syntézy yatakemycinu je Dielsova-Alderova reakce mezi dienem **G** a dienofilem **H** za vzniku sloučeniny **6**. Ta ihned podléhá bazicky katalyzované izomeraci za vzniku látky **I**, která obsahuje tři benzenová jádra.



- Identifikujte látky **G**, **H** a **I**.

Z produktu **I** lze v jediném reakčním kroku získat látku **7** obsahující tzv. cyklický hemiaminal. Před uzavřením tohoto pětičlenného cyklu vzniká meziprodukt **J** obsahující aldehydickou funkční skupinu.



2. Uveďte podmínky **X** reakce vedoucí od látky **I** ke sloučenině **7**.
3. Jaká je struktura meziproduktu **J**?

FYZIKÁLNÍ CHEMIE

16 BODŮ

Úloha 1 NDR

10 bodů

Jedním ze symbolů Německé demokratické republiky (NDR) je bezesporu trabant - osobní automobil s dvoutaktním zážehovým motorem a plastovou karoserií (obrázek 1).

1. Doplňte obrázek 1.



Obrázek 1: Trabant - osobní automobil s dvoutaktním zážehovým motorem a plastovou karoserií.

Model 601 má objem nádrže 24 dm^3 a jako palivo mu slouží benzín, dříve 70-ti oktanový NORMAL, později SPECIAL 91. My si v této úloze budeme představovat, že trabant jezdí na isooktan C_8H_{18} o hustotě 690 kg m^{-3} . Tlak nasycených par p^S isooktanu lze vyjádřit rovnicí

$$\ln(p^S) = 10,777 - 4006,04 \cdot T^{-1},$$

kde teplota je vyjádřena v jednotkách kelvin a tlak v jednotkách bar.

2. Kolik molekul isooktanu bude v uzavřené nádrži v plynné fázi při teplotě $25 \text{ }^\circ\text{C}$, pokud jsme do prázdné nádrže natankovali 10 dm^3 isooktanu.
3. Vypočítejte výparnou entalpii isooktanu (náповěda: všimněte si podobnosti rovnice tlaku nasycených par s rovnicí Clausiovou-Clapeyronovou).

Při řízeném spalování isooktanu v dvoutaktním motoru se nejdříve do zážehového válce vstříkne směs benzínu (zde $68,52 \text{ mg}$ isooktanu) a vzduchu ($21,0 \text{ obj. } \% \text{ O}_2$, $79,0 \text{ obj. } \% \text{ N}_2$). Isooktan se ihned vypaří a zbytek objemu válce zaujme vzduch (uvažujte, že směs se bude nacházet celá v plynném skupenství, za tlaku 1 bar a za teploty $25 \text{ }^\circ\text{C}$). Poté se píst uzavře a směs je stlačena na $1/9$ objemu válce, jehož celkový objem je $0,9 \text{ dm}^3$. Stačování probíhá tak rychle, že je možno proces považovat za adiabatický.

4. Jaká je teoretická teplota a tlak směsi po stlačení? Poissonovu konstantu uvažujte $\gamma = 1,24$.

Jakmile nastane stlačení směsi do adekvátního objemu, tak je směs zažehnuta svíčkou a dojde k rychlému izochorickému spálení. V odpovídajícím rozsahu teplot a mají molární tepelné kapacity za konstantního objemu následující průměrné hodnoty:

- isooktan(g) $282,5 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- kyslík(g) $21,2 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- oxid uhličitý(g) $25,9 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- voda(g) $27,3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Změna vnitřní energie při úplném spálení isooktanu (g) na oxid uhličitý (g) a vodu (l) je $\Delta U_{sp}(298,15\text{ K}) = -5451,3\text{ kJ mol}^{-1}$. Změna vnitřní energie při odpaření jednoho molu vody je $\Delta U_{vap}(298,15\text{ K}) = +41,5\text{ kJ mol}^{-1}$.

5. S využitím termochemických údajů vypočítejte, kolik tepla se uvolní při spálení veškerého isooktanu při naší teoretické teplotě (uvažujme, že se v průběhu spalování nemění teplota) na oxid uhličitý (g) a vodu (g)? Pokud jste nespočítali úlohu 3, tak uvažujte teplotu spalování $T = 500\text{ K}$.

Experimentálně bylo zjištěno, že při takovémto spalování je třeba v průměru $34,643\text{ J}$ na to, aby se 1 mol spálené směsi (směs dusíku, oxidu uhličitého a vody) ohřál o 1 K . Předpokládejte, že reakce proběhne ze 100% . Nezapomeňte, že ve směsi je obsažen vzduch a že látkové množství se s reakcí mění!

6. Jaká by byla za zmíněných podmínek teoretická konečná teplota spálené směsi? Nutno poznamenat, že ve skutečnosti bude tato teplota výrazně nižší ($\sim 1100\text{ K}$). Pokud jste nespočítali úlohu 4, či úlohu 5, pak použijte $Q = 3000\text{ J}$ a počáteční teplotu $T = 500\text{ K}$.

Po izochorickém spálení směsi dojde k adiabatické expanzi plynu. Tento krok je právě hnacím krokem celého motoru - zde dochází k přeměně vnitřní energie plynu na práci plynu, která se mechanicky přeměňuje v pohon kol.

7. Jaká maximální práce se při jednom cyklu vykoná, proběhne-li expanze vratně? Jaká je teoretická účinnost jednoho cyklu? Nezapomeňte, že práce se koná i při stlačování plynu! Uvažujte, že tepelná kapacita spálené směsi je stejná jako tepelná kapacita té nespálené.

Poté už jen dojde k výfuku spalin a celý cyklus může začít znovu.

Úloha 2 CHEDEMRV

6 bodů

Jistá chemická výroba na severu Čech - uvedeme pouze její akronym CHEDEMRV - je nechvalně známa jako významný regionální znečišťovatel životního prostředí.

1. Jak by mohl znít plný název chemičky CHEDEMRV? Navrhněte alespoň jednu variantu a na velikost jednotlivých písmen neberte ohled.

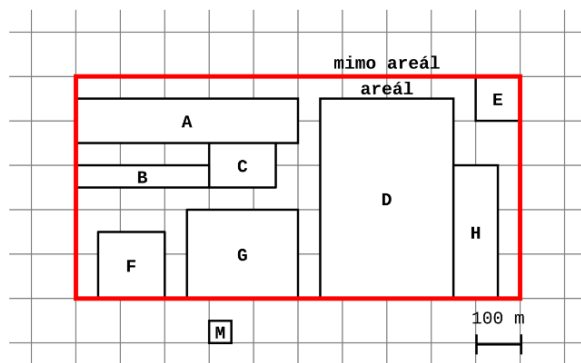
Systémem zanedbaných kapalinových rozvodů, ignorovaných průsaků a trativodů se do nedalekého rybníčku dostává toxická látka **X**. Do rybníčku se dostává ve formě $0,030\text{ M}$ roztoku rychlostí $0,5\text{ m}^3\text{ hod}^{-1}$. Rybníček, jenž nemá žádný další přítok, zaujímá plochu $1500,0\text{ m}^2$, jeho průměrná hloubka je $70,0\text{ cm}$ a jeho objem se v čase nemění. Voda se odpařuje konstantní rychlostí $2,0\text{ dm}^3\text{ m}^{-2}\text{ den}^{-1}$. Bylo zjištěno, že plošná rychlost odparu toxické látky je přímo úměrná jejímu molárnímu zlomku v rybníčku, a že konstanta úměrnosti k_X má hodnotu $7,47\text{ mol m}^{-2}\text{ hod}^{-1}$. Rybníček je domovem kolonie ropáků - vodních organismů, kterým toxická látka překvapivě nevádí. Předpokládejte, že jejich řáděním se rybníček okamžitě promíchává. Hustotu vody uvažujte 997 kg m^{-3} .

2. Určete stacionární molární koncentraci látky **X** v rybníčku.

Experimentálně bylo zjištěno, že stacionární koncentrace má hodnotu $0,020\text{ M}$. Následně bylo prokázáno, že ropáci jsou schopni roztok toxické látky metabolizovat, přičemž průměrný ropák spořádá $3,6\text{ mol}$ látky **X** za den.

3. Určete velikost populace ropáků v rybníčku poblíž chemické výroby CHEDEMRV.

Pokud by chemička CHEDEMRV fungovala již za 2. světové války, zřejmě by se stala terčem spojeneckého bombardování podobně jako tehdy Sudetenländische Treibstoffwerke v Záluží u Mostu (t. č. Malthuern bei Brüx), na kterou během května 1944 dopadlo 1650 bomb. Na obrázku 2 je plán areálu chemičky CHEDEMRV.



Obrázek 2: Plánek chemického závodu CHEDEM RV. A: sklady, B: seřadiště vagonů, C: depo železničních vozidel, D: primární výroba, E: školící středisko, F: administrativní budovy, G: sekundární výroba, M: marodka.

4. Jaká je pravděpodobnost, že by alespoň jedna bomba zasáhla seřadiště vagonů, dopadlo-li by do areálu pouhých 75 bomb, a to rozmístěných zcela náhodně?

BIOCHEMIE**12 BODŮ****Úloha 1 Víno****10 bodů**

Ve vinařství se používá tzv. malolaktické kvašení bakteriemi *Oenococcus oeni*, kdy se řízeně degraduje kyselina jablečná na kyselinu mléčnou (2-hydroxypropanovou).

1. Napište rovnici malolaktického kvašení (strukturními vzorci).
2. Co toto kvašení udělá s kyselostí vína a proč?
3. Víno obsahovalo zbytkovou kyselinu 3,6 g/l (titrováno jako kyselina vinná), z toho byla polovina titru kyseliny jablečné. Jaký je titr zbytkové kyseliny (titrováno jako kyselina vinná) po proběhlém malolaktickém kvašení? Předpokládejte 100 % konverzi, změnu objemu při fermentaci zanedbejte.
4. V potravinářství se někdy využívá proces, kdy je kyselina mléčná cíleně produkována mikroorganismy ze sacharidových substrátů. Vyjmenujte alespoň jeden výrobek, kde je tato technologie použita.
5. Pokud je víno v kontaktu se vzduchem, hrozí, že se jeho kyselost zvýší. O jaký bakteriální proces jde a co je jeho produktem? Napište rovnici.
6. Proces popsaný v otázce 5 se využívá i průmyslově. Pokud necháme proběhnout tento proces z ethanolu o koncentraci 8 objemových procent, jak koncentrovanou kyselinu na konci vyrobíme (v objemových procentech)? Předpokládejte 100 % konverzi, změnu objemu při fermentaci zanedbejte.
7. Proces popsaný v otázce 5 probíhá i v lidském těle, i když vlastní enzymy jsou poněkud odlišné. Co je toxickým meziproductem způsobujícím „kocovinu“? Jak se jmenují dva enzymy katalyzující tento proces v lidském těle?
8. Kyselý produkt popsaný v otázce 5 je v lidském těle okamžitě metabolizován důležitým katabolickým procesem. Jakým?
9. Protijedem methanolu je ethanol. Proč? Stručně popište.
10. Kvasinka *Saccharomyces cerevisiae* je fakultativní aerob, tj. je schopna žít v prostředí bez kyslíku i v jeho přítomnosti a přepínat metabolismus podle toho. Jak se změní výtěžek ethanolu a hmotnost kvasnic na konci fermentace, pokud ji provedeme v přítomnosti vzduchu oproti anaerobním podmínkám?

Úloha 2 Efedrin**2 body**

Efedrin je stimulant původně izolovaný z rostliny chvojníku (*Ephedra* sp.), který je průmyslově produkován fermentační technologií za použití kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*. V této technologii je do živného média (obvykle na bázi melasy) přidáván benzaldehyd, z něž kvasinky vyprodukují jistý hydroxyketon. Ten se izoluje a reduktivní aminací methylaminem poskytne finální produkt efedrin, chemicky 2-(methylamino)-1-fenyl-1-propanol.

1. Zapište strukturními vzorci reakční schéma dvou hlavních procesů popsaných výše v technologii výroby efedrinu.
2. Při fermentaci je nutné kontrolovat přístup vzduchu, když je kyslíku málo, vzniká jeden vedlejší produkt (který sice není toxický, ale snižuje výtěžek), pokud moc, vzniká jiný produkt, který je

pro kvasinky toxický a který se užívá ke konzervaci potravin. O jaké dva vedlejší produkty se jedná?

Zadané hodnoty: $A_r(\text{C}) = 12$, $A_r(\text{H}) = 1$, $A_r(\text{O}) = 16$, hustota ethanolu 0,789 g/ml, hustota kapalné kyseliny z otázky 6 je 1,049 g/ml.

VZOREČKOVNÍK FYZIKÁLNÍ CHEMIE

stavová rovnice ideálního plynu	$pV = nRT = NkT$
Van der Waalsova stavová rovnice	$(p + \frac{an^2}{V^2}) \cdot (V - nb) = nRT$
Clausiova-Clapeyronova rovnice	$\ln(p_2) - \ln(p_1) = -\frac{\Delta H_v}{R} \cdot (\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1})$
Antoineova rovnice	$\ln(p^S) = A + \frac{B}{T-C}$
Raoultův zákon	$p_1 = p_1^S \cdot x_1$
Henryho zákon	$p_1 = K_H \cdot x_1$
Daltonův zákon	$p_{\text{celkový}} = p_1 + p_2$
změna vnitřní energie	$\Delta U = Q + W$
změna entalpie	$\Delta H = \Delta U + \Delta(p \cdot V)$
V následujících třech vztazích X značí vnitřní energii či entalpii	
Laplaceův-Lavoisierův zákon	$\Delta X_{1 \rightarrow 2} = -\Delta X_{2 \rightarrow 1}$
Hessův zákon	$\Delta X_{1 \rightarrow 3} = \Delta X_{1 \rightarrow 2} + \Delta X_{2 \rightarrow 3}$
Kirchhoffův zákon	$\Delta X(T_2) = \Delta X(T_1) + c_{x,m}(T_2 - T_1)$
teplo za konstantního objemu	$\Delta U = Q = n \cdot c_{v,m} \cdot \Delta T$
teplo za konstantního tlaku	$\Delta H = Q = n \cdot c_{p,m} \cdot \Delta T$
práce plynu za konstantního tlaku	$W = -p\Delta V = -p \cdot (V_2 - V_1)$
různé formy Poissonova zákona	$pV^\gamma = \text{konstanta}$
	$TV^{\gamma-1} = \text{konstanta}$
	$Tp^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{konstanta}$

práce plynu při obecném adiabatickém ději [$Q = 0$]

$$\Delta U = W = n \cdot c_{v,m} \cdot \Delta T$$

práce plynu při vratném adiabatickém ději

$$\Delta U = W = p_1 V_1^\gamma \cdot \frac{(V_2^{\gamma-1} - V_1^{\gamma-1})}{1-\gamma}$$

účinnost děje

$$\eta = \frac{\text{odebraná energie}}{\text{dodaná energie}}$$

rozdělovací koeficient

$$P^{O/V} = \frac{c_O}{c_V}$$

Vztlaková síla

$$F_{vz} = V \cdot (\rho_{kapalina} - \rho_{těleso}) \cdot g$$

Tíhová síla

$$F_g = m \cdot g$$

objem koule

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

povrch koule

$$S = 4\pi r^2$$

obvod kruhu

$$O = 2\pi r$$

obsah kruhu

$$S = \pi r^2$$

kvadratická rovnice

$$a \cdot x^2 + b \cdot x + c = 0$$

diskriminant kvadratické rovnice

$$D = b^2 - 4ac$$

kořeny kvadratické rovnice

$$x_1 = \frac{-b + \sqrt{D}}{2a}$$

$$x_2 = \frac{-b - \sqrt{D}}{2a}$$

Fyzikální konstanty:

$$g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$$

$$R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

$$N_{Av} = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$\pi = 3,1416$$



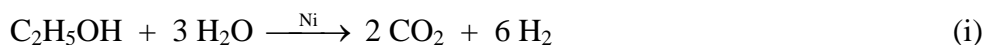
53. ročník
2016/2017

NÁRODNÍ KOLO
kategorie A a E

ZADÁNÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI: 40 BODŮ
časová náročnost: 180 minut

Úloha 1 Chelatometrické stanovení složení katalyzátoru**40 bodů**

Vodík lze vyrobit z ethanolu tzv. parním reformováním (i). Tato reakce je silně endotermní a využívají se při ní např. katalyzátory na bázi Ni/Cu-Al₂O₃.



Výzkum katalyzátorů je velmi aktuální a stále živou oblastí vědeckého bádání. Hlavním sledovaným parametrem katalyzátoru – jak z hlediska vědeckého, tak průmyslového – je jeho účinnost. Druhým podstatným faktorem pro uplatnění katalyzátoru ve velkém průmyslovém měřítku je jeho výrobní cena. Oba tyto faktory jsou zásadně ovlivněny složením a strukturou katalyzátoru.

Vaším úkolem je stanovit obsah kovů – niklu, mědi a hliníku (hm. %) v neznámém katalyzátoru chelatometricky.

Pro analýzu bylo naváženo 0,7550 g katalyzátoru typu Ni/Cu-Al₂O₃. Postupným rozpouštěním a srážením byl připraven vzorek pro analýzu obsahující ionty Ni²⁺, Cu²⁺ a Al³⁺.

Úkol:

Stanovte chelatometricky obsah niklu, mědi a hliníku v neznámém katalyzátoru. Výsledek uveďte v hmotnostních %.

Pomůcky:

- 1× byreta 25 ml
- 2× pipeta 10 ml
- 3× titrační baňka 250 ml
- 3× kádinka 100 ml
- 1× kádinka 250 ml (na odpad)
- 3× Pasteurova pipeta 5 ml
- malá nálevka
- chemická lžička
- kopistka
- stojan s klemou a držákem
- arch filtračního papíru
- pipetovací balónek
- stříčka s destilovanou vodou
- míchačka s topnou deskou
- plastová vana
- gumové prsty
- lihový fix

Chemikálie:

- vzorek katalyzátoru (v odměrné baňce 250 ml)
- roztok Chelatonu 3, $c = 0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (přesnou koncentraci uvedou organizátoři)
- roztok Pb²⁺, $c = 0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (přesnou koncentraci uvedou organizátoři)
- roztok thiomocoviny (10 % hm.)
- roztok NH₄F (10 % hm.)
- HNO₃, $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (v bralence)
- urotropin (hexamethylentetraamin)
- xylenolová oranž

$$A(\text{Ni}) = 58,69 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$A(\text{Cu}) = 63,55 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$A(\text{Al}) = 26,98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Pracovní postup:

- Vzorek katalyzátoru v odměrné baňce doplňte po rysku destilovanou vodou.

a) Stanovení celkového obsahu všech kovů

- Do titrační baňky odpipetujte 10,0 ml naředěného vzorku, pomocí 10ml pipety přidejte 30,0 ml standardního roztoku Chelatonu 3 (roztok se zbarví do světle modré).
- Přidejte 1,5 malé lžičky urotropinu a na špičku kopistky indikátor xylenolovou oranž (roztok se zbarví světle zeleně).
- Titrujte odměrným roztokem Pb^{2+} do čistě fialového zbarvení.
- Roztok nevylévejte a rovnou pokračujte se stanovením podle bodu b).

b) Stanovení Al ve vzorku

- Do takto ztitrovaného roztoku přidejte pomocí Pasteurovy pipety 5 ml roztoku fluoridu amonného.
- Obsah titrační baňky nechte na plotýnce přejít varem. Obsah baňky ochlaďte ve vaně se studenou vodou.
- Po vychladnutí přidejte 10 kapek $1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ HNO}_3$ (roztok se zbarví zeleně) a malou lžičku urotropinu.
- Titrujte odměrným roztokem Pb^{2+} do čistě fialového zbarvení.
- Titrace podle bodů a) a b) proveďte alespoň třikrát, spotřeby zapište do pracovního listu.

c) Stanovení obsahu Ni a Al ve vzorku

- Do titrační baňky odpipetujte 10,0 ml naředěného vzorku, přilijte 5 ml roztoku thiomočoviny, opláchněte stěny titrační baňky destilovanou vodou a za občasného míchání nechte reagovat přibližně 3 minuty.
- K roztoku v titrační baňce odpipetujte 30,0 ml standardního roztoku Chelatonu 3.
- Přidejte malou lžičku urotropinu a na špičku kopistky indikátor xylenolovou oranž (roztok se zbarví trávově zeleně).
- Titrujte odměrným roztokem Pb^{2+} do čistě fialového zbarvení.
- Titraci proveďte alespoň třikrát, spotřeby zapište do pracovního listu.

Otázky a úkoly (odpovězte do pracovního listu):

1. Vypočítejte obsah niklu, mědi a hliníku v původním pevném vzorku katalyzátoru v hm. %.
2. Vypočítejte molární poměr kovů ve vzorku¹ (kovu s nejnižším molárním obsahem přiřaďte hodnotu 1).
3. Napište iontovou rovnici reakce, ke které dochází po přidání roztoku fluoridu amonného do titrační směsi (využijte symbolického vzorce kyseliny ethylendiamintetraoctové H_4edta).
4. Za jakým účelem se ke vzorku katalyzátoru přidává v bodě c) thiomočovina? Jak se obecně v analytické chemii nazývá takovéto činidlo?

¹ Parametr, který se nejčastěji uvádí v původní literatuře.

PRACOVNÍ LIST (40 BODŮ)

Soutěžní číslo:

body celkem

Úloha 1 Chelatometrické stanovení složení katalyzátoru**40 bodů****a) Stanovení celkového obsahu všech kovů**

číslo stanovení	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr
spotřeba [ml]						
						body

b) Stanovení obsahu Al ve vzorku

číslo stanovení	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr
spotřeba [ml]						
						body

c) Stanovení obsahu Ni a Al ve vzorku

číslo stanovení	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr
spotřeba [ml]						
						body

Otázky a úkoly:

1. Vypočítejte obsah niklu, mědi a hliníku v původním pevném vzorku katalyzátoru v hm. %.

$$A(\text{Ni}) = 58,69 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad A(\text{Cu}) = 63,55 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad A(\text{Al}) = 26,98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Opište přesnou koncentraci roztoku:	$c(\text{Chelaton 3})$	=	$\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
Opište přesnou koncentraci roztoku:	$c(\text{Pb}^{2+})$	=	$\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
Opište původní navážku pevného vzorku:	$m(\text{katalyzátor})$	=	g

Výpočty:

Látková množství Ni, Cu a Al v **titrační baňce**:

$n(\text{Ni}) =$ mol $n(\text{Cu}) =$ mol $n(\text{Al}) =$ mol

body

Výpočty:

Hmotnost Ni, Cu a Al v **odměrné baňce (250 ml) se vzorkem**:

$m(\text{Ni}) =$ g $m(\text{Cu}) =$ g $m(\text{Al}) =$ g

body

Výpočty:

Hmotnostní zlomek Ni, Cu a Al v původním pevném vzorku katalyzátoru:

$w(\text{Ni}) =$ % hm. $w(\text{Cu}) =$ % hm. $w(\text{Al}) =$ % hm.

body

2. Vypočítejte molární poměr kovů ve vzorku (kovu s nejnižším molárním obsahem přiřadte hodnotu 1)

Opište vypočítaná látková množství kovů z otázky 1:

$n(\text{Ni}) =$ mol $n(\text{Cu}) =$ mol $n(\text{Al}) =$ mol

Odpověď: kov: _____ _____ _____

molární poměr: **1,0** : : :

body

3. Napište iontovou rovnici reakce, ke které dochází po přidání roztoku fluoridu amonného do titrační směsi (využijte symbolického vzorce kyseliny ethylendiamintetraoctové H_4edta):

Iontová rovnice:

body

4. Za jakým účelem se ke vzorku katalyzátoru přidává v bodě c) thiomočovina?

body

5. Jak se obecně v analytické chemii nazývá takovéto činidlo?

body



PERIODICKÁ SOUSTAVA PRVKŮ

1 I. A	2 II. A	3 III. B	4 IV. B	5 V. B	6 VI. B	7 VII. B	8 VIII. B	9 VIII. B	10 VIII. B	11 I. B	12 II. B	13 III. A	14 IV. A	15 V. A	16 VI. A	17 VII. A	18 VIII. A
1 1,00794 H 1 2,20 Vodík																	2 4,0026 He 2 Helium
2 6,941 Li 3 0,97 Lithium	4 9,0122 Be 4 1,50 Beryllium											5 10,811 B 5 2,00 Bor	6 12,011 C 6 2,50 Uhlík	7 14,007 N 7 3,10 Dusík	8 15,999 O 8 3,50 Kyslík	9 18,998 F 9 4,10 Fluor	10 20,179 Ne 10 Neon
3 22,990 Na 11 1,00 Sodík	12 24,305 Mg 12 1,20 Hořčík											13 26,982 Al 13 1,50 Hliník	14 28,085 Si 14 1,70 Křemík	15 30,974 P 15 2,10 Fosfor	16 32,06 S 16 2,40 Síra	17 35,453 Cl 17 2,80 Chlor	18 39,948 Ar 18 Argon
4 39,098 K 19 0,91 Draslík	20 40,078 Ca 20 1,00 Vápník	21 44,956 Sc 21 1,30 Skandium	22 47,867 Ti 22 1,30 Titan	23 50,942 V 23 1,50 Vanad	24 51,996 Cr 24 1,60 Chrom	25 54,938 Mn 25 1,60 Mangan	26 55,845 Fe 26 1,60 Želeno	27 58,933 Co 27 1,70 Kobalt	28 58,693 Ni 28 1,70 Nikl	29 63,546 Cu 29 1,70 Měď	30 65,38 Zn 30 1,70 Zinek	31 69,723 Ga 31 1,80 Gallium	32 72,61 Ge 32 2,00 Germanium	33 74,922 As 33 2,20 Arzen	34 78,971 Se 34 2,50 Selen	35 79,904 Br 35 2,70 Brom	36 83,798 Kr 36 Krypton
5 85,468 Rb 37 0,89 Rubidium	38 87,62 Sr 38 0,99 Stroncium	39 88,906 Y 39 1,10 Yttrium	40 91,224 Zr 40 1,20 Zirkonium	41 92,906 Nb 41 1,20 Niob	42 95,95 Mo 42 1,30 Molybden	43 -98 Tc 43 1,40 Technecium	44 101,07 Ru 44 1,40 Ruthenium	45 102,91 Rh 45 1,40 Rhodium	46 106,42 Pd 46 1,30 Palladium	47 107,87 Ag 47 1,40 Stříbro	48 112,41 Cd 48 1,50 Kadmium	49 114,82 In 49 1,50 Indium	50 118,71 Sn 50 1,70 Cín	51 121,75 Sb 51 1,80 Antimon	52 127,60 Te 52 2,00 Tellur	53 126,90 I 53 2,20 Jod	54 131,29 Xe 54 Xenon
6 132,91 Cs 55 0,86 Cesium	56 137,33 Ba 56 0,97 Baryum		72 178,49 Hf 72 1,20 Hafnium	73 180,95 Ta 73 1,30 Tantal	74 183,84 W 74 1,30 Wolfram	75 186,21 Re 75 1,50 Rhenium	76 190,23 Os 76 1,50 Osmium	77 192,22 Ir 77 1,50 Iridium	78 195,08 Pt 78 1,40 Platina	79 196,97 Au 79 1,40 Zlato	80 200,59 Hg 80 1,40 Rtuť	81 204,38 Tl 81 1,40 Thallium	82 207,20 Pb 82 1,50 Olovo	83 208,98 Bi 83 1,70 Bismut	84 -209 Po 84 1,80 Polonium	85 -210 At 85 1,90 Astat	86 -222 Rn 86 Radon
7 -223 Fr 87 0,86 Francium	88 226,03 Ra 88 0,97 Radium		104 261,11 Rf 104 Rutherfordium	105 262,11 Db 105 Dubnium	106 263,12 Sg 106 Seaborgium	107 262,12 Bh 107 Bohrium	108 270 Hs 108 Hassium	109 268 Mt 109 Meitnerium	110 281 Ds 110 Darmstadtium	111 280 Rg 111 Roentgenium	112 277 Cn 112 Kopernicium	113 -287 Nh 113 Nihonium	114 289 Fl 114 Flerovium	115 -288 Mc 115 Moskovium	116 -289 Lv 116 Livermorium	117 -291 Ts 117 Tennessin	118 293 Og 118 Oganesson

Diagram illustrating the structure of an element box for Vanadium (V):

- 50,942: Relativní atomová hmotnost
- V: Značka
- 23: Protonové číslo
- 1,50: Elektronegativita
- Vanad: Název

6 LANTHANOIDY	138,91 57 1,10 La Lanthan	140,12 58 1,10 Ce Cer	140,91 59 1,10 Pr Praseodym	144,24 60 1,10 Nd Neodym	-145 61 1,10 Pm Promethium	150,36 62 1,10 Sm Samarium	151,96 63 1,00 Eu Europium	157,25 64 1,10 Gd Gadolinium	158,93 65 1,10 Tb Terbium	162,50 66 1,10 Dy Dysprosium	164,93 67 1,10 Ho Holmium	167,26 68 1,10 Er Erbium	168,93 69 1,10 Tm Thulium	173,04 70 1,10 Yb Ytterbium	174,97 71 1,10 Lu Lutecium
7 AKTINOIDY	227,03 89 1,00 Ac Aktinium	232,04 90 1,10 Th Thorium	231,04 91 1,10 Pa Proaktinium	238,03 92 1,20 U Uran	237,05 93 1,20 Np Neptunium	{244} 94 1,20 Pu Plutonium	-243 95 1,20 Am Americium	-247 96 1,20 Cm Curium	-247 97 1,20 Bk Berkelium	-251 98 1,20 Cf Kalifornium	-252 99 1,20 Es Einsteinium	-257 100 1,20 Fm Fermium	-258 101 1,20 Md Mendělevium	-259 102 1,20 No Nobelium	-260 103 1,20 Lr Lawrencium



53. ročník

2016/2017

NÁRODNÍ KOLO

kategorie A a E

ŘEŠENÍ TEORETICKÉ ČÁSTI: 60 BODŮ

časová náročnost: 180 minut

ANORGANICKÁ CHEMIE**16 BODŮ****Úloha 1 Mart'an****6 bodů**

1. Výpočet:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot n(\text{N}_2\text{H}_4)$$

$$\frac{V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{V(\text{N}_2\text{H}_4) \cdot \rho(\text{N}_2\text{H}_4)}{M(\text{N}_2\text{H}_4)}$$

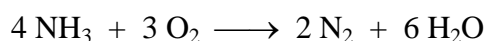
$$V(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot V(\text{N}_2\text{H}_4) \cdot \frac{M(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{N}_2\text{H}_4)}{M(\text{N}_2\text{H}_4) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O})} = 2 \cdot 292 \cdot \frac{18,14 \cdot 1,021}{32,27 \cdot 1,0} = 335 \text{ l}$$

*celkem 1,5 bodu*2. Rovnice: $2 \text{N}_2\text{H}_4 + \text{N}_2\text{O}_4 \longrightarrow 3 \text{N}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$ *celkem 1 bod*

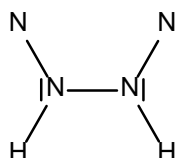
3. S rostoucí teplotou roste při použití Ir katalyzátoru hodnota X a klesá obsah amoniaku. Je tedy potřeba použít iridiový drát při co nejvyšší teplotě.

celkem 0,5 bodu

4. Vznikající amoniak problémem není, protože amoniak hoří bez katalyzátoru podle rovnice:

*celkem 1 bod*5. V této oblasti je $X = 0,25$, rovnice je tedy:*celkem 1 bod*6. Rovnice: $4 \text{IrCl}_6^{3-} + 15 \text{N}_2\text{H}_4 \longrightarrow 4 \text{Ir} + 3 \text{N}_2 + 12 \text{N}_2\text{H}_5^+ + 24 \text{Cl}^-$ *celkem 1 bod***Úloha 2 A kde se bere?****5 bodů**

1. Vzorec:

*celkem 0,5 bodu*

2. Atomy 2. Periody jsou malé, prodloužení a oslabení vazby je způsobeno repulzí elektronových párů na atomech dusíku.

*celkem 0,5 bodu*3. Rovnice: (1) $\text{NaClO} + \text{NH}_3 \xrightarrow{5^\circ\text{C}} \text{NH}_2\text{Cl} + \text{NaOH}$ (2) $\text{NH}_2\text{Cl} + 2 \text{NH}_3 \xrightarrow{130^\circ\text{C}} \text{N}_2\text{H}_4 + \text{NH}_4\text{Cl}$ (3) $\text{N}_2\text{H}_4 + 2 \text{NH}_2\text{Cl} \xrightarrow{\text{kat.}} \text{N}_2 + 2 \text{NH}_4\text{Cl}$ *každá rovnice za 1 bod, celkem 3 body*

4. V nadbytku je amoniak, aby chloramin přednostně reagoval podle reakce (2), nikoliv podle (3).

celkem 0,5 bodu

5. K zakomplexování (maskování) iontů přechodných kovů a tedy potlačení reakce (3)

celkem 0,5 bodu

Úloha 3 Organokovové katalyzátory

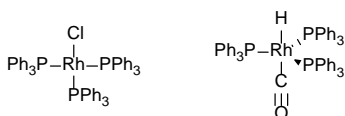
5 bodů

1.

sloučenina/ion	splňuje 18-e ⁻ pravidlo	
[Fe(η ⁵ -Cp)(Me)(CO) ₃] ⁻	ANO	NE
[Mn(η ⁵ -Cp)(I)(CO) ₃] ⁺	ANO	NE
[Cr(η ⁶ -benzen)(CO) ₃]	ANO	NE
[Ir(η ⁵ -Cp)(PMe ₃)(H) ₂]	ANO	NE

za správně určenou sloučeninu 0,5 bodu, celkem 2 body

2.



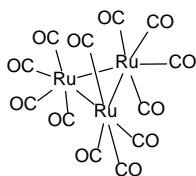
Wilkinsonův katalyzátor je čtverec, modifikovaný katalyzátor má tvar trojboké bipyramidy s ekvatoriální koordinací stericky nejnáročnějších trifenylofosfinových skupin (v uspořádání molekul PPh₃ lze spatřovat jistou analogii k metodě VSEPR, kde se v trigonálně-bipyramidálních molekulách umísťují náročnější substituenty či ne vazebné elektronové páry do ekvatoriálních poloh).

za první správně určenou sloučeninu 0,25 bodu, za druhou 0,75 bodu (0,25 bodu za tvar a 0,5 bodu za rozmístění ligandů), celkem 1 bod

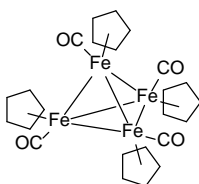
3. Sloučenina [Rh(PPh₃)₃(H)(CO)] je koordinačně nasycená, centrální ion má kolem sebe 9(Rh) + 6(3×PPh₃) + 1(H) + 2(CO) = 18 elektronů (alternativně lze počítat Rh⁺ jako zdroj osmi elektronů, ale v takovém případě je hydridový ion zdrojem dvou elektronů; zbylé ligandy PPh₃ a CO zůstávají i při tomto formalismu dvojelektronové). K tomu, aby se mohl koordinovat organický substrát (dvojná vazba), je nutná disociace jednoho z ligandů, aby se počet valenčních elektronů snížil (tj. vzniklo „elektronové“ místo).

celkem 0,5 bodu

4. [Ru₃(CO)₁₂] má trojúhelníkovou strukturu (celkový počet elektronů je 48, což odpovídá 16 na každém atomu ruthenia; z každého atomu tak vychází dvě vazby k doplnění na optimální počet 18 elektronů, což vede k propojení na trojúhelník).



[Fe₄(CO)₄(η⁵-Cp)₄] má tetraedrickou strukturu (celkový počet elektronů je 60, což odpovídá 15 na každém atomu železa; z každého atomu tak vychází tři vazby k doplnění na optimální počet 18 elektronů, což vede k propojení na tetraedr).



za každou správně určenou strukturu 0,5 bodu, za náskres po 0,25 bodu, celkem 1,5 bodu

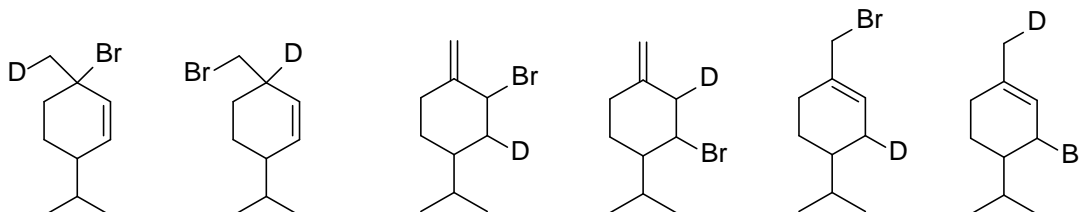
ORGANICKÁ CHEMIE

16 BODŮ

Úloha 1 β -Fellandren

6 bodů

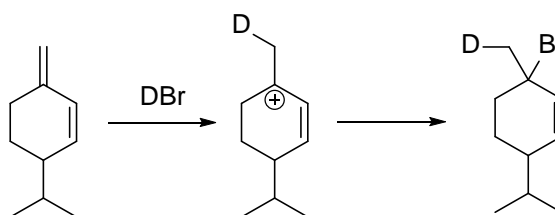
1. Touto reakcí lze získat celkem 6 možných isomerních produktů – první čtyři jsou produkty 1,2-adice, další dva jsou produkty 1,4-adice. Jako správné řešení stačí uvést počet (číslo 6), kreslení struktur není potřeba.



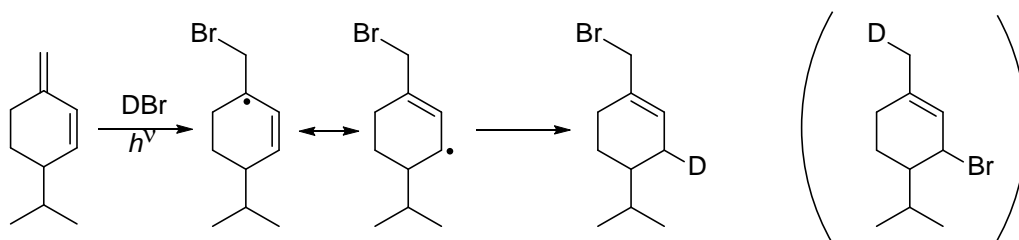
celkem 0,5 bodu

2. Za uvedených podmínek vznikají následující produkty:

- a) Při $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ převažuje kinetické řízení reakce. Nejrychleji probíhá adice bromidu přes následující karbokation. Uvedená mezomerní struktura nejvíce přispívá ke skutečnému rozložení elektronové hustoty, neboť se jedná o terciární karbokation allylového typu. Proto je na tomto uhlíku největší hustota kladného náboje.

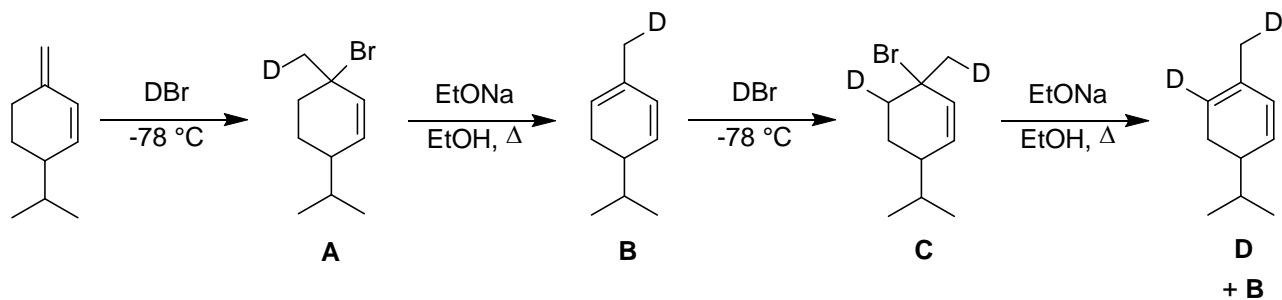


- b) Při $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ je reakce řízena termodynamicky. Navíc, vzhledem k ozařování UV světlem, se jedná o adici radikálovou, nikoli elektrofilní. Z výše uvedených možností jsou termodynamicky stabilnější produkty 1,4-adice, které mají trisubstituovanou dvojnou vazbu (a díky tomu dodatečnou stabilizaci hyperkonjugací a indukčním efektem). Níže uvedený 1,4-adt bude velmi pravděpodobně vznikat ve větším výtěžku než adukt v závorce, hlavně ze sterických důvodů (isopropyl a brom v sousedních polohách na cyklickém systému).



struktura 1 bod, zdůvodnění 1 bod, udělit 0,5 bodu místo 1 bodu za uvedení produktu v závorce jako hlavního. celkem 4 body

3. Na základě uvedených reakčních podmínek je zřejmé, že se jedná o sérii střídajících se 1,2-adičních reakcí a následných dehydrohalogenací. Regioselektivita 1,2-elektrofilních adičních reakcí je diskutována výše, eliminace pak probíhá dle Zajcevova pravidla. Na základě toho dospějeme k uvedeným produktům:

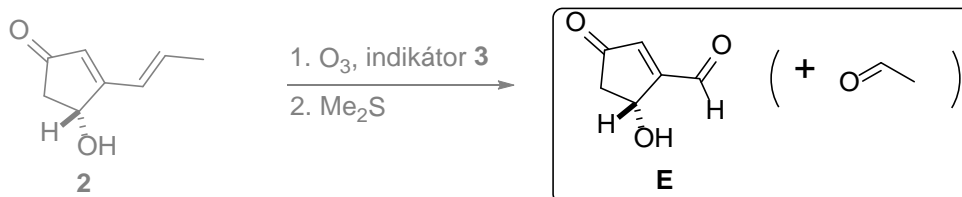


struktury B, C a D po 0,5 bodu, celkem 1,5 bodu

Úloha 2 Pokročilé ozonolyzování

5 bodů

1. Acetaldehyd jako vedlejší produkt není třeba uvést.

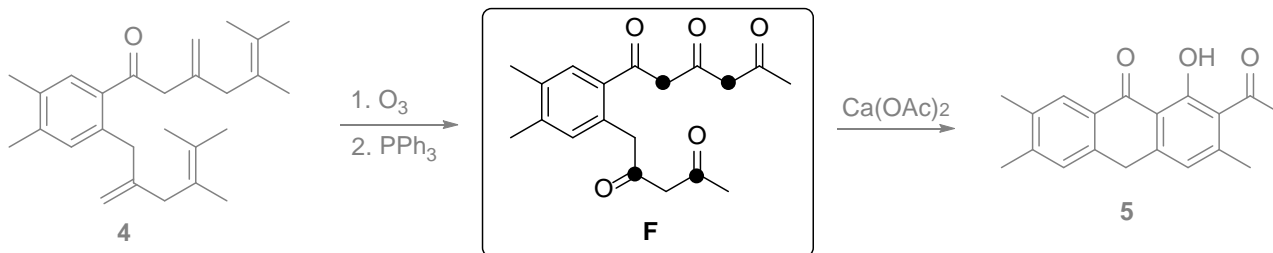


celkem 1 bod

2. Indikátor se využívá pro indikaci konce ozonolýzy reaktivnější disubstituované dvojné vazby. V okamžiku, kdy dojde ke kvantitativní ozonolýze reaktivnější dvojné vazby, dochází k chemoselektivní oxidaci azoskupin v molekule indikátoru, což se projeví odbarvením roztoku. Tuto barevnou změnu lze považovat za konec reakce.

celkem 1 bod

3.



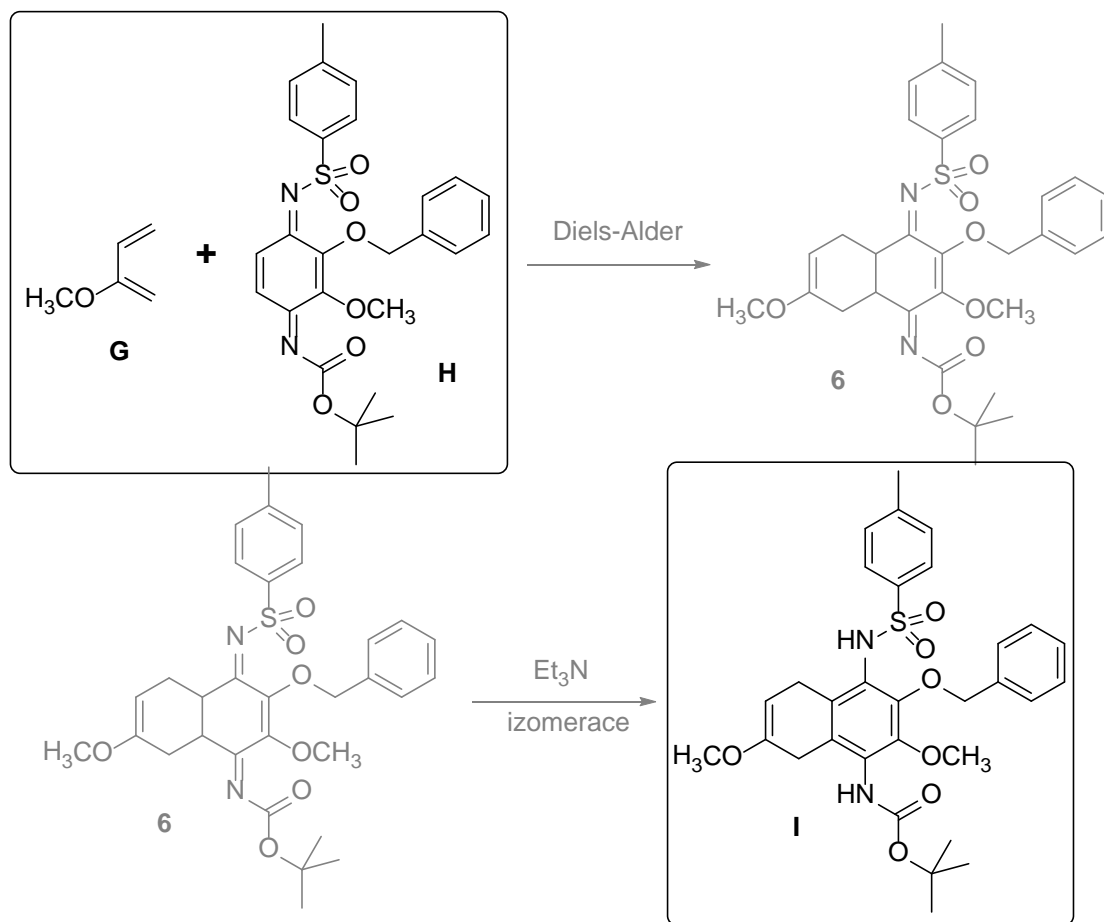
celkem 2 body

4. Viz řešení úkolu 3. Atomy uhlíku, které se účastní kondenzace, jsou označeny černými puntíky. každý atom uhlíku 0,25 bodu, celkem 1 bod

Úloha 3 Yatakemycin

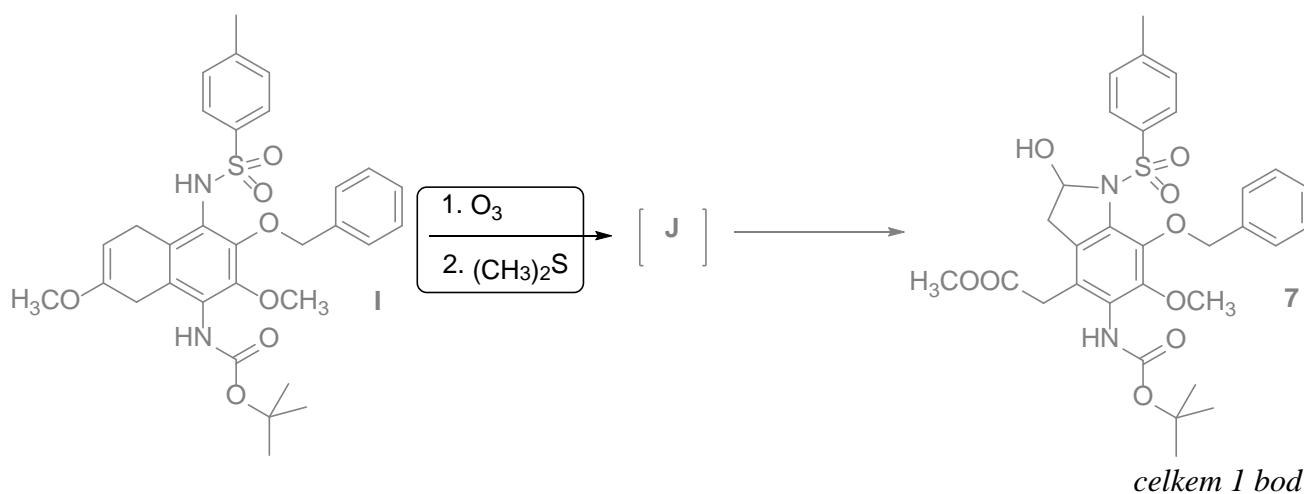
5 bodů

1.



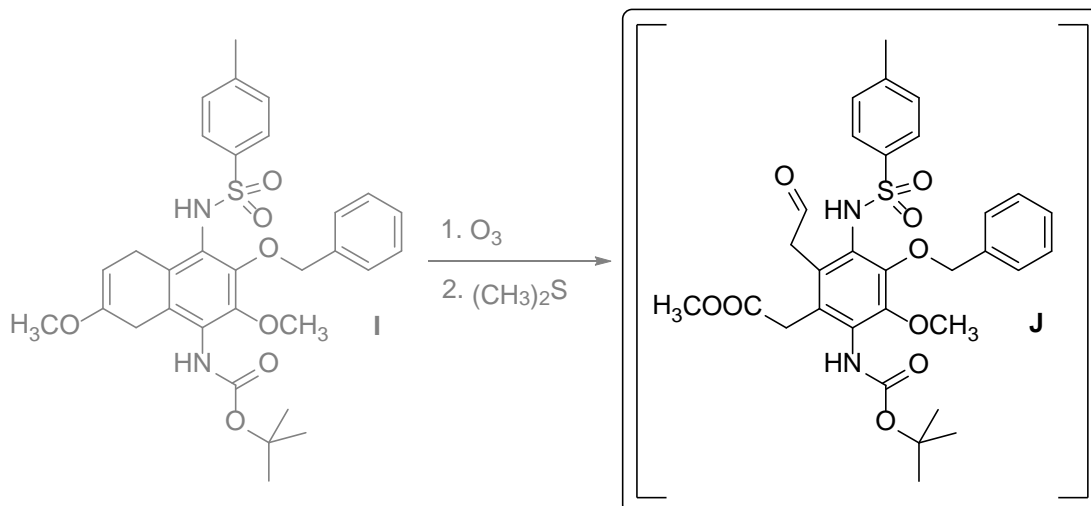
každá struktura 1 bod, celkem 3 body

2. Místo $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ jako redukčního činidla je možné použít mnoho alternativ, např. Zn/H^+ ; Ph_3P ; thiomocovinu, aj. Uznávejte jakékoliv „rozumné“ redukční činidlo.



celkem 1 bod

3.



celkem 1 bod

FYZIKÁLNÍ CHEMIE

16 BODŮ

Úloha 1 NDR

10 bodů

1. 0 bodů za prázdné míst., 0,5 bodu ve všech ostatních případech. Ctíme abstraktní formy výtvarného vyjádření.
2. Tlak nasycených par p^S v jednotkách bar je

$$p^S = e^{10,777 - \frac{4006,04}{T}} = e^{10,777 - \frac{4006,04}{298,15}} = 0,0699955 \text{ bar,}$$

$$p^S = 6999,55 \text{ Pa.}$$

Počet molekul v plynné fázi

$$N = \frac{p^S \cdot (V_0 - V_L) \cdot N_{Av}}{R \cdot T} = \frac{6999,55 [\text{Pa}] \cdot (24 \cdot 10^{-3} [\text{m}^3] - 10 \cdot 10^{-3} [\text{m}^3]) \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{8,314 [\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}] \cdot 298,15 [\text{K}]} = 2,38 \cdot 10^{22} \text{ molekul.}$$

Lze řešit i bez zanedbání objemových změn kapalné fáze následujícími rovnicemi

$$p^S \cdot \left(V_0 - \frac{n_L \cdot M}{\rho} \right) = n_G \cdot R \cdot T,$$

$$n_0 = \frac{V_0 \cdot \rho}{M} = n_L + n_G,$$

$$N = N_{av} \cdot n_G,$$

což vede k téměř totožnému výsledku.

0,5 bodu za sestavení rovnic, 0,5 bodu za numerický výsledek (nelze dále dělit), celkem 1 bod

3. Tvar uvedené rovnice nasycených par pro isooktan jest

$$\ln(p^S) = A + B \cdot T^{-1}.$$

Tvar Clausiusovy-Clapeyronovy rovnice jest

$$\ln(p_2^S) - \ln(p_1^S) = -\frac{\Delta H_{vap}}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right).$$

Pořebujeme tedy 2 hodnoty tlaků nasycených par při dvou různých teplotách → dosadíme dvě různé teploty (např. 300 K a 400 K) do rovnice tlaku nasycených par, získáme dva tlaky nasycených par a nakonec získáme ΔH_{vap} .

Alternativní přístup - upravíme Clausiusovu-Clapeyronovu rovnici na tvar

$$\ln(p_2^S) = A + \frac{B}{T_2},$$

kde

$$A = \frac{\Delta H_{vap}}{R \cdot T_1} + \ln(p_1^S),$$

$$B = -\frac{\Delta H_{vap}}{R}.$$

Tudíž

$$\Delta H_{vap} = -B \cdot R = 4006,04 \cdot 8,314 [\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}] = 33,3 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

maximálně 1 bod za sestavení rovnic, 0,5 bodu za numerický výsledek a jednotky (nelze dále dělit), celkem 1,5 bodu

4. Dochází k vratnému adiabatickému stlačení. Dle Poissonova zákona $pV^\gamma = \text{konstanta}$.

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$$

$$p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = 1[\text{bar}] \cdot \left(\frac{0,9[\text{dm}^3]}{0,1[\text{dm}^3]}\right)^{1,24} = 15,25 \text{ bar}$$

Stačí dopočítat konečnou teplotu skrze stavovou rovnici ideálního plynu

$$\frac{p_2 \cdot V_2}{p_1 \cdot V_1} = \frac{n \cdot R \cdot T_2}{n \cdot R \cdot T_1},$$

$$\frac{15,25[\text{bar}] \cdot 0,1[\text{dm}^3]}{1,0[\text{bar}] \cdot 0,9[\text{dm}^3]} = \frac{T_2}{298,15} \rightarrow T_2 = 505,2 \text{ K.}$$

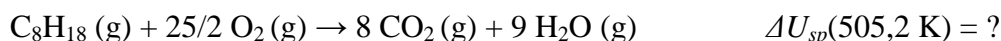
Alternativně pomocí jiné formy Poissonova zákona

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1},$$

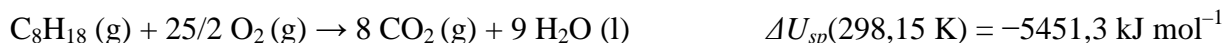
$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 298,15[\text{K}] \cdot \left(\frac{0,9[\text{dm}^3]}{0,1[\text{dm}^3]}\right)^{0,24} = 505,2 \text{ K.}$$

0,25 bodu za sestavení rovnic pro tlak, 0,25 bodu za numerický výsledek tlaku a jednotky, 0,25 bodu za sestavení rovnic pro teplotu, 0,25 bodu za numerický výsledek teploty a jednotky, celkem 1 bod

5. Ve válci bude probíhat následující reakce



Potřebné reakce



Je třeba vytvořit termodynamický cyklus. Rovnice a číselné dosazení

$$\Delta U_{sp}(T_V) = Q_1 + \Delta U_{sp}(298,15 \text{ K}) + Q_{vap} + Q_2$$

$$\Delta U_{sp}(T_V) = (298,15[\text{K}] - T_V) \cdot (c_{v,m}(\text{C}_8\text{H}_{18}) + 25/2 \cdot c_{v,m}(\text{O}_2)) + \Delta U_{sp}(298,15 \text{ K}) + 9 \cdot \Delta U_{vap}(298,15 \text{ K}) + (T_V - 298,15 [\text{K}]) \cdot (8 \cdot c_{v,m}(\text{CO}_2) + 9 \cdot c_{v,m}(\text{H}_2\text{O}))$$

Dosazení hodnot pro $T_V = 505,2 \text{ K}$

$$\Delta U_{sp}(505,2 \text{ K}) = (298,15[\text{K}] - 505,2[\text{K}]) \cdot (282,5[\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}] + 25/2 \cdot 21,2[\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}]) - 5451300,0 + [\text{J mol}^{-1}] + 9 \cdot 41500,0 [\text{J mol}^{-1}] + (505,2[\text{K}] - 298,15[\text{K}]) \cdot (8 \cdot 25,9[\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}] + 9 \cdot 27,3[\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}]) = -5097400 \text{ J mol}^{-1} = -5097,4 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Dosazení hodnot pro $T_V = 500,0 \text{ K}$

$$\Delta U_{sp}(500,0 \text{ K}) = -5096,9 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Nyní je třeba spočítat látkové množství isooktanu n

$$n = \frac{m}{M} = \frac{68,52 \cdot 10^{-6} [\text{kg}]}{0,11423 [\text{kg mol}^{-1}]} = 5,998 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Spalování probíhá za konstantního objemu a tudíž

$$Q = n \cdot \Delta U_{sp}(T_V)$$

Pro teplotu 505,2 K:

$$Q = 5,998 \cdot 10^{-4} [\text{mol}] \cdot (-5097400 [\text{J mol}^{-1}]) = -3057,6 \text{ J}$$

Pro teplotu 500,0 K:

$$Q = 5,998 \cdot 10^{-4} [\text{mol}] \cdot (-5096900 [\text{J mol}^{-1}]) = -3057,3 \text{ J}$$

maximálně 1 bod za sestavení rovnic, 1 bod za numerický výsledek a jednotky (nelze dále dělit), celkem 2 body

6. Celkově je na počátku ve válci $n_{poč}$ molů směsi

$$n_{poč} = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{100000 [\text{Pa}] \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} [\text{m}^3]}{8,314 [\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}] \cdot 298,15 [\text{K}]} = 3,63 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

Se spálením jednoho molu isooktanu přibude do plynné fáze dalších 3,5 částice. Ve válci máme n_{iso} molů isooktanu

$$n_{iso} = \frac{m}{M} = \frac{68,52 \cdot 10^{-3}}{114,23} = 5,998 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Tudíž počet molů směsi se zvýší o $n_{navíc}$

$$n_{navíc} = 3,5 \cdot n_{iso} = 3,5 \cdot 5,998 \cdot 10^{-4} [\text{mol}] = 0,21 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

A konečný počet molů směsi po spálení n_{celk} je

$$n_{celk} = n_{poč} + n_{navíc} = 3,63 \cdot 10^{-2} [\text{mol}] + 0,21 \cdot 10^{-2} [\text{mol}] = 3,84 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

Teplota se zvýší v závislosti na tom, kolik se uvolnilo tepla

$$Q = n \cdot c_{v,m} \cdot \Delta T$$

$$\text{Pro teplotu } 505,2 \text{ K: } Q = -3057,6 \text{ J} \quad \rightarrow \quad \Delta T = 2298,4 \text{ K} \quad T_f = 2803,6 \text{ K}$$

$$\text{Pro teplotu } 500,0 \text{ K: } Q = -3057,3 \text{ J} \quad \rightarrow \quad \Delta T = 2298,2 \text{ K} \quad T_f = 2798,2 \text{ K}$$

$$\text{Pro teplotu } 500,0 \text{ K: } Q = -3000,0 \text{ J} \quad \rightarrow \quad \Delta T = 2255,1 \text{ K} \quad T_f = 2755,1 \text{ K}$$

Pozn. Teplota je ta vysoká, jelikož uvažujeme, že veškeré teplo se použije pouze na ohřátí směsi, což je pouze ideální případ. Reálná teplota je přibližně 1000-1300 K.

maximálně 1,5 bodu za sestavení rovnic; maximálně 0,5 bodu za nezapočítání změny látkového množství při reakci, 0,5 bodu za numerický výsledek a jednotky (nelze dále dělit), celkem 2 body

7. Při vratné adiabatické expanzi použijeme Poissonovu rovnici

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1},$$

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 2803,6 [\text{K}] \cdot \left(\frac{0,1 [\text{dm}^3]}{0,9 [\text{dm}^3]}\right)^{0,24} = 1654,6 \text{ K}.$$

Následně spočítáme počáteční a konečný tlak skrze stavovou rovnici ideálního plynu:

$$p_1 = \frac{n \cdot R \cdot T_1}{V_1} = \frac{3,8399 \cdot 10^{-2} [\text{mol}] \cdot 8,314 [\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}] \cdot 2803,6 [\text{K}]}{0,1 \cdot 10^{-3} [\text{m}^3]} = 8,950 \text{ MPa}$$

$$p_2 = \frac{n \cdot R \cdot T_2}{V_2} = \frac{3,8399 \cdot 10^{-2} [\text{mol}] \cdot 8,314 [\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}] \cdot 1654,6 [\text{K}]}{0,9 \cdot 10^{-3} [\text{m}^3]} = 0,587 \text{ MPa}$$

Práci při vratné expanzi spočítáme:

$$W_1 = -p_1 \cdot V_1^\gamma \cdot \frac{V_2^{1-\gamma} - V_1^{1-\gamma}}{1-\gamma}$$

$$W_1 = -8,950 \cdot 10^6 [\text{Pa}] \cdot (0,1 \cdot 10^{-3} [\text{m}^3])^{1,24} \cdot \frac{(0,9 \cdot 10^{-3} [\text{m}^3])^{1-1,24} - (0,1 \cdot 10^{-3} [\text{m}^3])^{1-1,24}}{1-1,24} = -1528,38 \text{ J}$$

Nebo při adiabatickém ději také platí (chyba v desetinném místě způsobena zaokrouhlováním)

$$W_1 = \Delta U = n \cdot c_{v,m} \cdot \Delta T = 3,8399 \cdot 10^{-2} [\text{mol}] \cdot 34,643 [\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}] \cdot (1654,6 [\text{K}] - 2803,6 [\text{K}]) = -1528,44 \text{ J}$$

Práce při stlačení plynu (první děj cyklu, pozor na látkové množství)

$$W_2 = 3,63 \cdot 10^{-2} [\text{mol}] \cdot 34,643 [\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}] \cdot (505,2 [\text{K}] - 298,15 [\text{K}]) = 260,37 \text{ J}$$

A účinnost:

$$\eta = \frac{W_1 + W_2}{Q} = \frac{-1528,44 [\text{J}] + 260,37 [\text{J}]}{-3057,6 [\text{J}]} = 0,415$$

Alternativně:

$$T_{\text{initial}} = 500 \text{ K}; Q = -3057,3 \text{ J}; T_1 = 2798,2 \text{ K} \rightarrow T_2 = 1651,4 \text{ K}; p_1 = 8,933 \text{ MPa}; p_2 = 0,586 \text{ MPa}; W_1 = -1504,9 \text{ J}; W_2 = 253,8 \text{ J}; \eta = 0,416.$$

Alternativně:

$$T_{\text{initial}} = 500 \text{ K}; Q = -3000,0 \text{ J}; T_1 = 2798,2 \text{ K} \rightarrow T_2 = 1626,0 \text{ K}; p_1 = 8,796 \text{ MPa}; p_2 = 0,567 \text{ MPa}; W_1 = -1501,9 \text{ J}; W_2 = 253,8 \text{ J}; \eta = 0,416.$$

maximálně 1,5 bodu za sestavení rovnic, srážka 0,5 bodu za nezapočítání práce stlačení do účinnosti, srážka 0,5 bodu za nezapočítání změny látkového množství při počítání práce u spáleného plynu, 0,25 bodu za numerický výsledek práce a jednotky (nelze dále dělit), 0,25 bodu za účinnost (nelze dále dělit), celkem 2 body

Úloha 2 CHEDEM RV

6 bodů

- Plný počet bodů za alespoň jednu variantu, jedná-li se v přiměřené míře skutečně o akronym. Např. „CHEmicky DEviantní Malo-Rozsahová Výroba“ nebo „CHlemtej Ethanol Dokud Eště Můžeš Rozumně Vydělávat“

celkem 0,5 bodu

- Z objemové bilance plyne, že pro rychlost odtoku V'_{odtok} platí

$$V'_{\text{odtok}} = 0,5 [\text{m}^3 \text{ hod}^{-1}] - 2 \cdot 1500/24 [\text{dm}^3 \text{ hod}^{-1}] = 375 \text{ dm}^3 \text{ hod}^{-1}.$$

Z látkové bilance plyne, že rychlost přítoku odpovídá součtu odtoku a odparu, kde čárku píšeme kvůli odlišení rychlosti od látkového množství

$$n'_{\text{odtok}} = n'_{\text{přítok}} - n'_{\text{odpar}}$$

$$n'_{\text{odtok}} = c_{\text{odtok}} \cdot V'_{\text{odtok}}$$

$$n'_{\text{přítok}} = 0,03 [\text{mol dm}^{-3}] \cdot 500 [\text{dm}^3 \text{ hod}^{-1}] = 15 \text{ mol hod}^{-1},$$

$$n'_{\text{odpar}} = k \cdot S \cdot x,$$

$$7,47 [\text{mol m}^{-2} \text{ hod}^{-1}] \cdot 1500 [\text{m}^2] \cdot c_{\text{rybník}} / (c_{\text{rybník}} + 55,388) = 11205 [\text{mol hod}^{-1}] \cdot c_{\text{rybník}} / (c_{\text{rybník}} + 55,388).$$

Koncentrace na odtoku je rovna stacionární koncentraci v rybníku.

$$c_{\text{rybník}} \cdot 375 [\text{dm}^3 \text{ hod}^{-1}] = 15 - 11205 \cdot c_{\text{rybník}} / (c_{\text{rybník}} + 55.388)$$

Kvadratická rovnice vede ke kořenům: $0,025987 \text{ mol dm}^{-3}$ a $-85.25 \text{ mol dm}^{-3}$; pouze první má fyzikální smysl.

Řešení lze zjednodušit zanedbáním $c_{\text{rybník}}$ ve jmenovateli. Výsledek je téměř totožný ($c_{\text{rybník}} = 0,025983 \text{ mol dm}^{-3}$).

maximálně 1,5 bodu a sestavení rovnic nebo úvahu, 1 bod za numerický výsledek a správné jednotky (nelze dále dělit), celkem 2,5 bodu

3. Látková bilance:

$$n'_{\text{přítok}} = n'_{\text{odtok}} + n'_{\text{odpar}} + n'_{\text{ropáci}}$$

$$15 [\text{mol hod}^{-1}] = 0,02 [\text{mol dm}^{-3}] \cdot 375 [\text{dm}^3 \text{ hod}^{-1}] + 7,47 [\text{mol m}^{-2} \text{ hod}^{-1}] \cdot 1500 [\text{m}^2] \cdot (0,02 / (0,02 + 55,388)) + n'_{\text{ropáci}}$$

$$n'_{\text{ropáci}} = 15 - 7,5 - 4,0445 = 3,456 \text{ mol hod}^{-1} = 82,93 \text{ mol den}^{-1}$$

$$\text{populace} = 82,93 / 3,6 = 23,03 \sim 23 \text{ ropáků}$$

maximálně 1 bod za sestavení rovnic nebo úvahu, 0,5 bodu za numerické řešení (nelze dále dělit), celkem 1,5 bodu

4. Na plánu má seřadiště obsah 1,5 dílku, celý areál 50 dílků. Pravděpodobnost P'_i , že i -tá bomba NESPADNE na seřadiště je $P'_i = (50 - 1,5)/50$. Dopady jednotlivých bomb se vzájemně neovlivňují, proto ze vztahu pro pravděpodobnost nezávislých jevů A a B; $P(AB) = P(A) \cdot P(B)$ plyne, že pro N bomb je pravděpodobnost, že žádná z nich nespadne za seřadiště rovna $P' = P'_{iN} = [(50 - 1,5)/50]^{75} = 0,1018$

Pro hledanou pravděpodobnost P platí $P = 1 - P' = 0,898$.

maximálně 1 bod za sestavení rovnic nebo úvahu, 0,5 bodu za numerické řešení, celkem 1,5 bodu

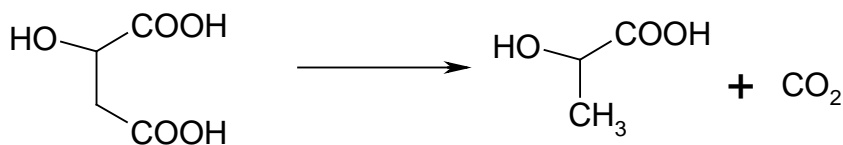
BIOCHEMIE

12 BODŮ

Úloha 1 Víno

10 bodů

1.



celkem 1 bod

2. Sníží jeho kyselost degradací dvojsytné kyseliny jablečné na jednosytnou kyselinu mléčnou a oxid uhličitý, který unikne jako plyn. (Navíc kyselina jablečná je zodpovědná za nepříjemnou „ostrou“ kyselost vína a je obecně považována za senzorycky nežádoucí - toto nepožadovat).

celkem 0,5 bodu

3. Kyseliny jablečné je polovina titru, tj. ekvivalent $3,6 / 2 = 1,8$ g/l. Malolaktické kvašení sníží na polovinu titr té části, která připadala na kyselinu jablečnou, tj. $1,8 / 2 = 0,9$ g/l. Když připočítáme kyselost danou ostatními kyselinami (druhá polovina celkového titru vína) vyjde **celkový titr** $1,8 + 0,9 = \underline{2,7 \text{ g/l}}$.

celkem 1 bod

4. Mléčné kvašení – kysané zelí, zakysaná smetana, atd.

celkem 0,5 bodu

5. Octové kvašení: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$

celkem 0,5 bodu

6. 8 objemových procent znamená 80 ml/l, v 1 l je tedy $80 * 0,789 = 63,12$ g ethanolu. Molekulové hmotnosti: ethanol 46 g/mol, kyselina octová 60 g/mol. Ethanol se zoxiduje na $63,12 * 60/46 \text{ g} = 82,33$ g kyseliny octové, což je $82,33 / 1,049 = 78,5$ ml. Výsledná kyselina octová má koncentraci **7,85 objemových procent**.

celkem 2 body

7. Alkoholdehydrogenáza (0,5 bodu) oxiduje ethanol na toxický acetaldehyd (1 bod), který je pak dále oxidován aldehyddehydrogenázou (0,5 bodu) na kyselinu octovou.

celkem 2 body

8. Krebsovým cyklem po aktivaci na acetylkoenzym A.

celkem 0,5 bodu

9. Ethanol je přednostně oxidován v organismu alkoholdehydrogenázou a tak „zabere místo“ kompetitivním antagonismem methanolu. Z methanolu tak nevznikají toxické produkty oxidace (formaldehyd, mravenčan).

celkem 1 bod

10. Výtěžek ethanolu klesne

0,5 bodu

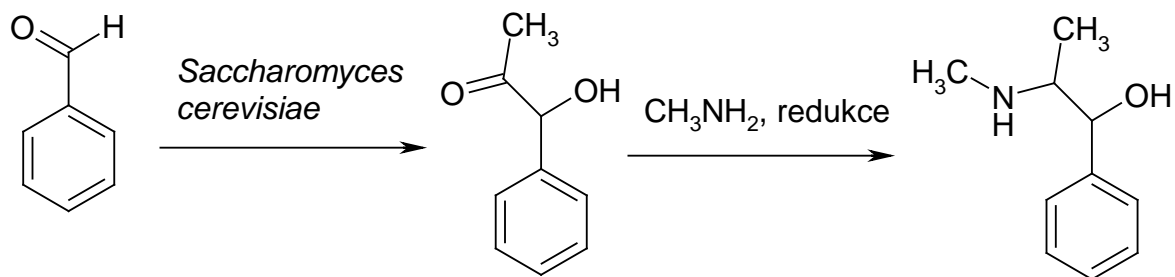
výtěžek biomasy kvasnic vzroste

0,5 bodu

Úloha 2 Efedrin

2 body

1.



celkem 1 bod

2. Při nedostatku kyslíku vzniká benzylalkohol
při nadbytku kyselina benzoová

0,5 bodu

0,5 bodu



53. ročník
2016/2017

NÁRODNÍ KOLO
kategorie A a E

ŘEŠENÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI: 40 BODŮ
časová náročnost: 180 minut

PRACOVNÍ LIST (40 BODŮ)

Soutěžní číslo:

body celkem

Úloha 1 Chelatometrické stanovení složení katalyzátoru**40 bodů**

Hodnocení spotřeby – všechny tři titrace se hodnotí stejně podle následující tabulky:

odchylka:	počet bodů:
0,0 – 0,3 ml	10
0,3 – 1,3 ml	$10 \times (1,3 - \text{odchylka [ml]})$
$\geq 1,3$ ml	0

Odchylka se udává v absolutní hodnotě v ml od hodnoty **experimentálně** zjištěné organizátory soutěže, body se uvádí s přesností na 0,25 bodu, každá titrace nejvýše 10 bodů, celkem nejvýše za průměrné spotřeby 30 bodů.

Otázky a úkoly:

1. Výpočty:

$$\text{průměrná spotřeba titrace a): } V_1(\text{Pb}^{2+}) = 12,2 \text{ cm}^3$$

$$\text{průměrná spotřeba titrace b): } V_2(\text{Pb}^{2+}) = 6,0 \text{ cm}^3$$

$$\text{průměrná spotřeba titrace c): } V_3(\text{Pb}^{2+}) = 14,2 \text{ cm}^3$$

$$\text{koncentrace Pb}^{2+}: c(\text{Pb}^{2+}) = 0,020 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$\text{koncentrace Chelaton 3: } c(\text{Chelaton 3}) = 0,020 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Látkové množství Ni, Cu a Al v titrační baňce:

$$n(\text{Al}) = n_2(\text{Pb}^{2+}) = c(\text{Pb}^{2+}) \cdot V_2(\text{Pb}^{2+}) =$$

$$= (0,020 \cdot 0,0060) \text{ mol} = \mathbf{1,20 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}$$

$$n(\text{Cu}) = c(\text{Pb}^{2+}) \cdot (V_3(\text{Pb}^{2+}) - V_1(\text{Pb}^{2+})) =$$

$$= (0,020 \cdot (0,0142 - 0,0122)) \text{ mol} = \mathbf{4,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}$$

$$n(\text{Ni}) = c(\text{Chelaton 3}) \cdot V(\text{Chelaton 3}) - c(\text{Pb}^{2+}) \cdot V_1(\text{Pb}^{2+}) - n(\text{Cu}) - n(\text{Al}) =$$

$$= (0,020 \cdot 0,030 - 0,020 \cdot 0,0122 - 0,000120 - 0,000040) \text{ mol} = \mathbf{1,96 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}$$

3 × 1, celkem 3 body

Hmotnost Ni, Cu a Al v odměrné baňce (250 ml) se vzorkem:

$$m(\text{Ni}) = 25 \cdot A(\text{Ni}) \cdot n(\text{Ni}) = 25 \cdot 58,69 \cdot 1,96 \cdot 10^{-4} \text{ g} = \mathbf{0,2876 \text{ g}}$$

$$m(\text{Cu}) = 25 \cdot A(\text{Cu}) \cdot n(\text{Cu}) = 25 \cdot 63,55 \cdot 0,40 \cdot 10^{-4} \text{ g} = \mathbf{0,0636 \text{ g}}$$

$$m(\text{Al}) = 25 \cdot A(\text{Al}) \cdot n(\text{Al}) = 25 \cdot 26,98 \cdot 1,20 \cdot 10^{-4} \text{ g} = \mathbf{0,0809 \text{ g}}$$

3 × 0,5, celkem 1,5 bodu

Hmotnostní zlomek Ni, Cu a Al v původním pevném vzorku katalyzátoru:

$$w(\text{Ni}) = \frac{m(\text{Ni})}{m(\text{katalyzátor})} = 0,025 = \mathbf{38,1 \text{ hm. \%}}$$

$$w(\text{Cu}) = \mathbf{8,4 \text{ hm. \%}}$$

$$w(\text{Al}) = \mathbf{10,7 \text{ hm. \%}}$$

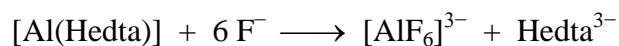
3 × 0,5, celkem 1,5 bodu

2. Vypočítejte molární poměr kovů ve vzorku (kovu s nejnižším molárním obsahem přiřaďte hodnotu 1):

$$n(\text{Cu}) : n(\text{Ni}) : n(\text{Al}) = 1 : \frac{n(\text{Ni})}{n(\text{Cu})} : \frac{n(\text{Al})}{n(\text{Cu})} = 1 : \frac{1,96}{0,4} : \frac{1,20}{0,4} = \mathbf{1,0 : 4,9 : 3,0}$$

celkem 1 bod

3. Napište iontovou rovnici reakce, ke které dochází po přidání roztoku fluoridu amonného do titrační směsi (využijte symbolického vzorce kyseliny ethylendiamintetraoctové H_4edta):



Uznávat i jiné acidobazické formy EDTA jako edta^{4-} apod., celkem 1 bod

4. Za účelem komplexace (maskování) měďnatých iontů.¹ *celkem 1 bod*
5. Maskovací činidlo. *celkem 1 bod*

¹ Ve skutečnosti thiomocovina měďnaté ionty nejprve redukuje na měďné a teprve ty jsou thiomocovinou komplexovány (maskovány).

POKYNY PRO PŘÍPRAVU PRAKTICKÉ ČÁSTI

Pomůcky pro přípravu:

- Navažovací lodička
- Lžička
- Kádinky
- Odměrné baňky
- Pipeta 10 ml

Chemikálie pro přípravu:

- $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$
(dihydrát disodné soli EDTA)
- $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$
- $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$
- $CuSO_4 \cdot 5H_2O$
- $Pb(NO_3)_2$
- HNO_3
- Thiomočovina
- NH_4F

Přibližné množství odměrných roztoků na studenta:

- Chelaton 3, $c = 0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (přesnou koncentraci uvést soutěžícím), 250 ml
- $Pb(NO_3)_2$, $c = 0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (přesnou koncentraci uvést soutěžícím), 150 ml
- Vzorek Ni, 250 ml odměrná baňka s 10 ml vzorku
- Thiomočovina, 10 hm. %, 30 ml
- NH_4F , 10 hm. %, 30 ml
- HNO_3 , $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, 20 ml

Příprava roztoku Chelatonu 3 o koncentraci přibližně $0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$

Např.: Pro přípravu 1 l odměrného roztoku chelatonu 3 navážíme 7,44 g dihydrátu EDTA- Na_2 ($372,24 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$), kvantitativně převedeme do 1 l odměrné baňky a doplníme po rysku destilovanou vodou. Přesný titr Chelatonu 3 určí organizátor (např. postup úloha 1 a domácího kola).

Příprava roztoku $Pb(NO_3)_2$ o přibližné koncentraci $0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$

Např.: Pro přípravu 1 l roztoku $Pb(NO_3)_2$ navážíme 6,624 g $Pb(NO_3)_2$. Navážený vzorek kvantitativně převedeme do 1 l odměrné baňky a doplníme po rysku destilovanou vodou.

Příprava neznámého vzorku kovu

Např.: Pro přípravu 1 l vzorku (vzorové řešení) navážíme 142,078 g $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ($290,79 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$), 25,421 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ($249,69 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$), 112,705 g a $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ ($375,15 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) a kvantitativně převedeme do 1 l odměrné baňky a doplníme po rysku destilovanou vodou.

Příprava roztoku thiomočoviny o koncentraci 10 hm. %

Např.: Pro přípravu 1 l roztoku thiomočoviny navážíme 100 g thiomočoviny a rozpustíme v 900 ml destilované vody.

Příprava roztoku NH_4F o koncentraci 10 hm. %

Např.: Pro přípravu 1 l roztoku NH_4F navážíme 100 g NH_4F a rozpustíme v 900 ml destilované vody.

Příprava HNO_3 o koncentraci $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$

Např.: Pro přípravu 1 l HNO_3 ($63,013 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) o koncentraci $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ odměříme 42 ml konc. HNO_3 ($1,5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) a doplníme na 1 l destilovanou vodou.