



**47. ročník**  
**2010/2011**

**ŠKOLNÍ KOLO**  
**kategorie A a E**

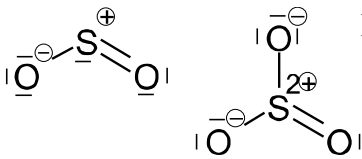
**ŘEŠENÍ SOUTĚŽNÍCH ÚLOH**

## TEORETICKÁ ČÁST (60 bodů)

### I. Anorganická chemie

#### Úloha 1 Řecký oheň

2,5 bodu

- $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca(OH)}_2$  0,25 bodu
- Exotermní reakcí páleného vápna s vodou (viz výše) uvolněné teplo zvyšuje těkavost hořlavých složek směsi a roste intenzita hoření. 0,25 bodu
- Řecký oheň obsahoval i síru, jejím spalováním vzniká oxid siřičitý  $\text{SO}_2$ , který má lomenou strukturu. Vzniku  $\text{SO}_3$  brání vysoká aktivační energie pro oxidaci oxidu siřičitého kyslíkem. 0,25 + 0,25 bodu
-  Lze uznat také rezonanční struktury s nulovými formálními náboji.

Oxid siřičitý má lomenou strukturu díky přítomnosti nevazebného elektronového páru na centrálním atomu síry, oxid sírový má tvar rovnostranného trojúhelníku (planární uspořádání atomů). Student, který tuto pasáž opravdu nastudoval, by mohl rovněž uvést strukturu trimeru  $\text{S}_3\text{O}_9$  (3 molekuly spojené navzájem do kruhu, ve kterém se střídají atomy S a O).

*za strukturní vzorce 2 × 0,25 bodu, za vysvětlení 0,25 bodu a tvar 0,25 bodu*

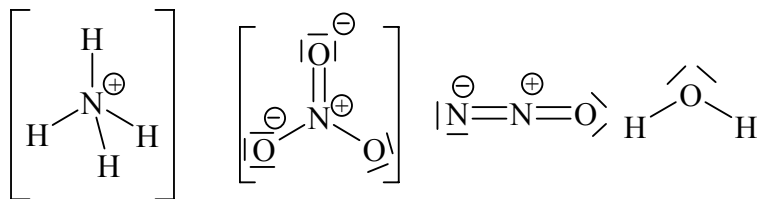
- Díky obsahu zemského oleje (ropa), který obsahuje uhlovodíky o nižší hustotě, než má voda. 0,25 bodu
- Jakékoliv „zdokonalení“ dávající po chemické stránce smysl uznat. Např. přidavek těkavých hořlavých látek, chemikálií podněcujících hoření, či zajišťující exotermní průběh reakce 0,25 bodu

#### Úloha 2 Průmyslové výbušiny?

7,5 bodu

- Látka A –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , dusičnan amonný,  
látka B –  $\text{N}_2\text{O}$  oxid dusný,  
látka C –  $\text{H}_2\text{O}$  voda. *za uvedení vzorců všech tří látek 0,5 bodu*
- $\text{NH}_4\text{NO}_3 \longrightarrow \text{N}_2\text{O} + 2 \text{H}_2\text{O}$  0,25 bodu
- Oxid dusný byl objeven Josephem Priestleyem v roce 1772. 0,25 bodu
- Rajský plyn. V roce 1799 se sir Humphry Davy, anglický chemik a vynálezce, nadýchal oxidu dusného tolik, že to u něj vyvolalo nejen lehkou závrať, ale i záchvaty smíchu. Davy pak začal pořádat pro své přátele „rajské večírky“. 0,25 bodu
- Například zahříváním směsi dusičnanu sodného se síranem amonným:  
 $2 \text{NaNO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{N}_2\text{O} + 4 \text{H}_2\text{O}$  0,5 bodu
- K dosažení anestezie pouze pomocí „rajského plynu“ by byla nutná příliš vysoká koncentrace rajského plynu v podávané směsi, což by vedlo k hypoxii (nedostatků kyslíku pro tkáň). 0,75 bodu
- Používá se ve směsi s vodíkem, příp. společně s acetylenem.  
 $\text{N}_2\text{O} + \text{H}_2 \longrightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
příp.  $5 \text{N}_2\text{O} + \text{C}_2\text{H}_2 \longrightarrow 5 \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{CO}_2$   
Teplota plamene dosahuje 2700 °C.  
*za uvedení plynu 0,25 bodu, rovnice 0,25 bodu, teplota 0,25 bodu*
- V Dynamonu K – dřevná moučka, v Dinaftalitu – dinitronaftalen. 0,5 bodu

9. Amonný kation – pravidelný tetraedr, dusičnanový anion – rovnostranný trojúhelník, oxid dusný – lineární tvar, voda – lomený tvar.



za správný tvar 0,25 bodu, tj.  $4 \times 0,25$  bodu

Za napsání správného elektronového strukturního vzorce (vzorců) dusičnanu amonného se hodnotí zvlášť kation a anion...

tj. celkem za vzorce  $4 \times 0,25$  bodu

celkem za otázku 2 body

Pozn.: U vzorce oxidu dusného, lze případně uznat i strukturu obsahující trojnou vazbu mezi atomy dusíku a záporný náboj na kyslíku.

$$10. V = \frac{nRT}{p} = \frac{3 \cdot \frac{13500000}{80,043} \cdot 8,314 \cdot 793,15}{101300} = 32930 \text{ m}^3 \text{ plynů,}$$

objem připadající na látku B (oxid dusný) je jedna třetina tohoto objemu, tj.  $10\,979 \text{ m}^3$  1,5 bodu

11. Hnojivo. 0,25 bodu

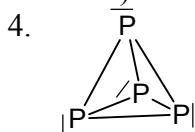
### Úloha 3 Tajemství zápalky

6 bodů

- Důvodem byl vznik páchnoucího oxidu siřičitého. 0,5 bodu
- Na hlavičce je směs chlorečnanu draselného, sulfidu antimonitého, síry, barviva a mletého skla, které dává hlavičce drsnost, aby se zvýšilo tření. Dřívka zápalek jsou nasycena tekutým parafinem, který usnadňuje hoření a fosforečnanem sodným, který zamezuje doutnání zápalky po zhasnutí plamene. Škrátka obsahuje červený fosfor, mleté sklo a pojivo.

za alespoň jednu správně uvedenou látku na škrátku a zápalce 0,25 bodu  
celkem 0,5 bodu

- Při škrtnutí o škrátku dojde k přeměně červené modifikace fosforu na škrátku na bílý fosfor. Škrtnutím zápalky o škrátku vznikne na styčném bodu teplota asi  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ , což postačí pro zapálení hlavičky a následně dřívka. Tento druh zápalek se nazývá bezpečnostní zápalky (nehodnotit). 0,5 bodu



Velké pnutí v molekule P<sub>4</sub> způsobuje vysokou nestabilitu a reaktivitu.

0,75 bodu za vzorec, 0,25 bodu za vysvětlení, celkem 1 bod

- Fosfid zinečnatý příp. hořečnatý. 0,5 bodu
- Počet vyměněných elektronů je při oxidaci z chloridu na chlorečnan 6.

$$t = \frac{nzF}{I} = \frac{50}{106,4} \cdot \frac{6 \cdot 96485}{2,35} = 115763 \text{ s} = 32 \text{ h } 9 \text{ min } 23 \text{ s}$$

1,5 bodu + 0,5 bodu identifikace chlorečnanu, celkem 2 body

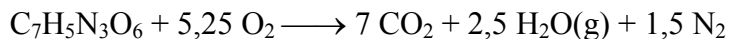
- Za nízkých teplot vzniká chlornan a chlorid, kdežto při  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  vzniká chlorid a chlorečnan (při této teplotě je již chlornan tepelně nestabilní a podléhá disproportionaci na chlorid a chlorečnan). 1 bod

## II. Organická chemie

## Úloha 1 Energetika TNT

9 bodů

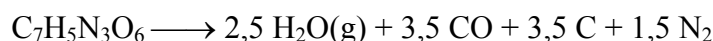
1. Spálení TNT na vzduchu.



$$\Delta_{\text{r}}H^\circ = \sum_{\text{produkty}} \Delta_{\text{f}}H^\circ - \sum_{\text{reaktanty}} \Delta_{\text{f}}H^\circ = 7(-393,70) + 2,5(-241,82) - (-66,98) = -3\,293 \text{ kJ mol}^{-1} \approx -14\,509 \text{ kJ kg}^{-1}$$

za správný výpočet 1,5 bodu

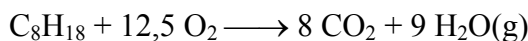
Detonace TNT.



$$\Delta_{\text{r}}H^\circ = \sum_{\text{produkty}} \Delta_{\text{f}}H^\circ - \sum_{\text{reaktanty}} \Delta_{\text{f}}H^\circ = 2,5(-241,82) + 3,5(-110,58) - (-66,98) = -925 \text{ kJ mol}^{-1} \approx -4\,073 \text{ kJ kg}^{-1}$$

za správný výpočet 1,5 bodu

2. Spálení benzínu (isooktanu).



$$\Delta_{\text{r}}H^\circ = \sum_{\text{produkty}} \Delta_{\text{f}}H^\circ - \sum_{\text{reaktanty}} \Delta_{\text{f}}H^\circ = (-393,70) + 9(241,82) - (257,07) = -5\,068 \text{ kJ mol}^{-1} \approx -44\,456 \text{ kJ kg}^{-1}$$

za správný výpočet 1,5 bodu

Nejvíce tepla se uvolní v případě spálení benzínu. V případě spálení TNT vzniká tepla méně, protože molekula TNT v sobě kromě paliva obsahuje i kyslík a dusík. Nejméně energie se uvolní při detonaci 1 kg TNT, protože reakce se neúčastní atmosférický kyslík a spálení není dokonalé (zbývá C a CO jako nezreagované palivo). *za porovnání získaných hodnot 0,5 bodu*

3. K výpočtu výkonu při detonaci TNT není třeba znát jeho celkové množství (hmotnost,  $m$ ), postačuje průměr nálože  $d$ . Ať si určíte jakkoliv dlouhou nálož, výsledný výkon bude stejný. Výkon  $P$  je obecně energie ( $\Delta_{\text{d}}H$ ) uvolněná za určitý čas. Čas  $t$  v tomto případě určíme jako podíl délky nálože  $l$  a detonační rychlosti  $D$ . (Pokud zadáme hmotnost, např. 1 kg, postup bude navíc zahrnovat i výpočet délky nálože.)

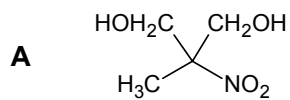
$$P = \frac{\Delta_{\text{r}}H^\circ \cdot m}{t} = \frac{\Delta_{\text{r}}H^\circ \frac{1}{4} \pi d^2 l}{\frac{l}{D}} = \frac{\Delta_{\text{r}}H^\circ \cdot \rho \pi d^2 D}{4} = \frac{4073 \cdot 1,65 \cdot \pi \cdot 0,05^2 \cdot 6900}{4} = 91,05 \text{ GW}$$

Výkon TNT je řádově vyšší, než výkon osobních automobilů i jaderné elektrárny Temelín. U těchto zdrojů je ale nutné si uvědomit, že tento výkon poskytují trvale, nikoliv pouze po dobu v řádech  $10^{-5}$  až  $10^{-6}$  s.

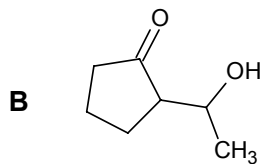
*za správný výpočet výkonu 3 body,  
za srovnání s automobilem a jadernou elektrárnou 1 bod*

Úloha 2 Kondenzační reakce

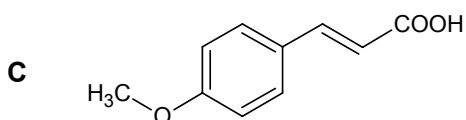
7 bodů



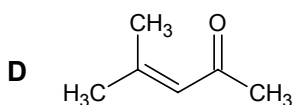
2-methyl-2-nitropropan-1,3-diol



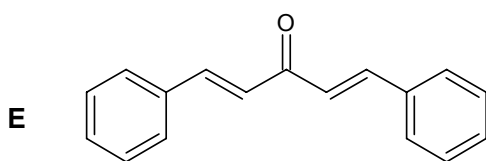
2-(1-hydroxyethyl)cyklopentanon



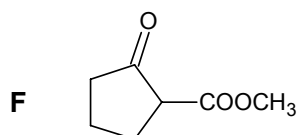
3-(4-methoxyfenyl)prop-2-enová kyselina



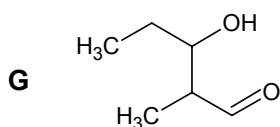
4-methylpent-3-en-2-on



1,5-difenylpenta-1,4-dien-3-on



methylester kyseliny  
2-oxocyklopentankarboxylové



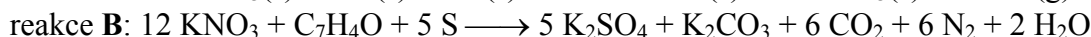
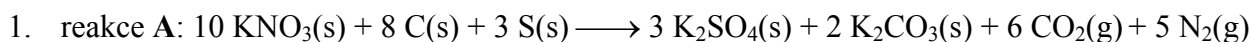
3-hydroxy-2-methylpentanal

za správný produkt 0,5 bodu,  
za správný název 0,5 bodu,  
celkem 7 bodů

### III. Fyzikální chemie

#### Úloha 1 Střelný prach

11 bodů



Jako správné řešení je možné uznat jakoukoliv jinou smysluplnou a reálnou reakci.

*za každou rovnici 1 bod, celkem 2 body*

2. Podle zadaného tlaku a teploty je vypočítána reakční entalpie  $\Delta_r H^\circ$ . Vhodné je využít stechiometrického koeficientu  $\nu_i$  látky  $i$  z dané rovnice (pro produkty je koeficient kladný a pro reaktanty je záporný) dále tabelovaných slučovacích entalpií  $\Delta_{\text{sluč}} H_i^\circ$  jednotlivých reaktantů a produktů (označeny indexem  $i$ ). Jinou možností by bylo využít např. entalpie spalné.

$$\Delta_r H^\circ = \sum_i \nu_i \Delta_{\text{sluč}} H_i^\circ$$

$$\Delta_r H^\circ = 3 \Delta_{\text{sluč}} H^\circ(\text{K}_2\text{SO}_4) + 2 \Delta_{\text{sluč}} H^\circ(\text{K}_2\text{CO}_3) + 6 \Delta_{\text{sluč}} H^\circ(\text{CO}_2) + 5 \Delta_{\text{sluč}} H^\circ(\text{N}_2) - 10 \Delta_{\text{sluč}} H^\circ(\text{KNO}_3) - 8 \Delta_{\text{sluč}} H^\circ(\text{C}) - 3 \Delta_{\text{sluč}} H^\circ(\text{S})$$

Standardní slučovací entalpie v  $\text{kJ mol}^{-1}$  pro jednotlivé reaktanty a produkty jsou uvedeny v následující tabulce.

Látka	$\Delta_{\text{sluč}} H (\text{kJ mol}^{-1})$
KNO <sub>3</sub>	-493,2
C	0
S	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-1 437
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	-1 151
CO <sub>2</sub>	-393,5
N <sub>2</sub>	0

$$\Delta_r H^\circ = 3(-1437) + 2(-1151) + 6(-393,5) - 10(-493,2) = -4\,042 \text{ kJ mol}^{-1}$$

*1 bod za nalezení dat,  
1,5 bodu za výpočet,  
celkem 2,5 bodu*

*Pozn. Bude-li soutěžící postupovat podle naznačeného postupu a budou-li nalezená data srovnatelná s těmi uvedenými v tabulce, za správný výsledek uvažujte i ten, který se liší od zde uvedeného.*

3. Síla exploze,  $EP$ , se vypočte jako součin uvolněného tepla,  $\Delta_r H^\circ$ , a objemu uvolněných plynů za daných podmínek,  $\Delta V$ .

$$(EP) = Q\Delta V = -\Delta_r H^\circ \Delta V$$

Uvažujeme-li 1 mol, během reakce se uvolní 6 CO<sub>2</sub> a 5 N<sub>2</sub> molů plynu, tj. 11 molů plynu. Při výpočtu není uvažována objemová změna pevných látek, neboť je oproti změně objemu způsobené plyny zanedbatelná. Tlak je známý a změnu objemu vypočteme ze stavové rovnice ideálního plynu.

*0,5 bodu*

$$pV = nRT$$

$$\Delta V = \frac{RT\Delta n}{p} = \frac{8,314 \times 298,2 \times 11}{101,3 \times 10^3} = 0,2691 \text{ m}^3 \quad 0,5 \text{ bodu}$$

Síla exploze 1 molu reakce střelného prachu je:

$$(EP)_m = Q\Delta V = 4,042 \cdot 10^6 \cdot 0,2691 = 1,088 \text{ MJ m}^3 \text{ mol}^{-1} \quad 0,5 \text{ bodu}$$

V reakční směsi střelného prachu (SP) je 7 dílů ledku ( $\text{KNO}_3$ ), 5 dílů uhlíku (dřevěného uhlí) a 5 dílů síry. V ideálním případě by směs měla stechiometrii podle reakce A. Počítat budeme se 100,0 g střelného prachu, a tak přímo určíme, jaké látkové množství reakce proběhlo.

	$\text{KNO}_3$	C	S
Díly v SP	7	5	5
$m / 100 \text{ g SP (g)}$	41,18	29,41	29,41
$M (\text{g mol}^{-1})$	101,1	12,01	32,06
$n \text{ v SP (mol)}$	0,4073	2,449	0,9173
$\nu$ (stechiom. reakce)	10	8	3
$n_r / \text{reakce (mol)}$	0,04073	0,3061	0,3058

Příklad výpočtu pro  $\text{KNO}_3$

$$m = m_{\text{SP}} \cdot \frac{\text{díly v SP}(\text{KNO}_3)}{\text{díly v SP}(\text{KNO}_3) + \text{díly v SP}(\text{C}) + \text{díly v SP}(\text{S})} = 100 \cdot \frac{7}{7+5+5} = 41,18 \text{ g} \quad 1 \text{ bod}$$

Molární hmotnost  $M$  byla odečtena z tabulek.

$$n = \frac{m}{M} = \frac{41,18}{101,1} = 0,4073 \text{ mol}$$

$$n_r = \frac{n}{\nu(\text{KNO}_3)} = \frac{0,4073}{10} = 0,04073 \text{ mol}$$

Proběhlo 0,040 73 mol reakce A. Síla exploze při reakci 100,0 g střelného prachu je vypočtena následovně.

$$(EP) = (EP)_m \cdot n_r = 1,088 \cdot 10^6 \cdot 0,04073 = 44,30 \text{ kJ m}^3 \quad 1 \text{ bod, celkem 3,5 bodu}$$

- Standardem je kyselina pikrová. Informace je uvedena např. literatuře (10) nebo na <http://www.globalspec.com/reference/55654/203279/EXPLOSIVE-POWER-AND-POWER-INDEX> 1 bod
- Z předcházejícího výpočtu víme, že reakce je exotermní a „klíčovou látkou“ byl dusičnan draselný (ledek). Podle jeho množství můžeme říci, v jakém rozsahu reakce proběhla. Dřevěné uhlí a síra byly v nadbytku. Ze 100,0 g střelného prachu popsaného Rogerem Baconem proběhlo podle reakce A 0,04073 mol reakce.  
Puškový černý prach obsahuje 75 % ledku, 15 % uhlíku a 10 % síry.

	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>C</b>	<b>S</b>
Díly v SP	75	15	10
<i>m</i> / 100 g SP (g)	75	15	10
<i>M</i> (g mol <sup>-1</sup> )	101,1	12,01	32,06
<i>n</i> v SP (mol)	0,7418	1,249	0,3119
Stechiometrie reakce	10	8	3
<i>n<sub>r</sub></i> / reakce (mol)	0,07418	0,1561	0,1040

V případě puškového černého prachu se uvolní více energie než ve střelném prachu popsaném Rogerem Baconem, protože při použití 100,0 g materiálu zreaguje více „reaktantů“ a uvolněná energie bude tím pádem vyšší.

2 body

## Úloha 2 Ideální a reálný plyn

5 bodů

- Objemový viriální rozvoj si zapíšeme do třetího stupně, i když jak ve výpočtu uvidíme, mohli jsme využít stupeň/řád jakýkoliv.

$$pV_m = RT \left( 1 + \frac{B}{V_m} + \frac{C}{V_m^2} \right)$$

Hustotu si vyjádříme jako funkci hmotnosti a objemu :

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ resp. } \frac{1}{V} = \frac{\rho}{m},$$

a molární objem jako

$$V_m = \frac{V}{n}.$$

Po dosazení do původní rovnice

$$pV = nRT \left( 1 + \frac{n\rho B}{m} + \frac{n^2 \rho^2 C}{m^2} \right).$$

A protože hustota se blíží nule ( $\rho \rightarrow 0$ ), druhý a třetí člen v závorce je možné oproti jedničce zanedbat. Potom rovnice přechází na stavovou rovnici ideálního plynu.

$$pV = nRT$$

úvaha 2 body, vyjádření 2 body,

celkem 4 body

- Autorem rovnice je Heike Kamerlingh Onnes.

1 bod



## IV. Biochemie

### Úloha 1

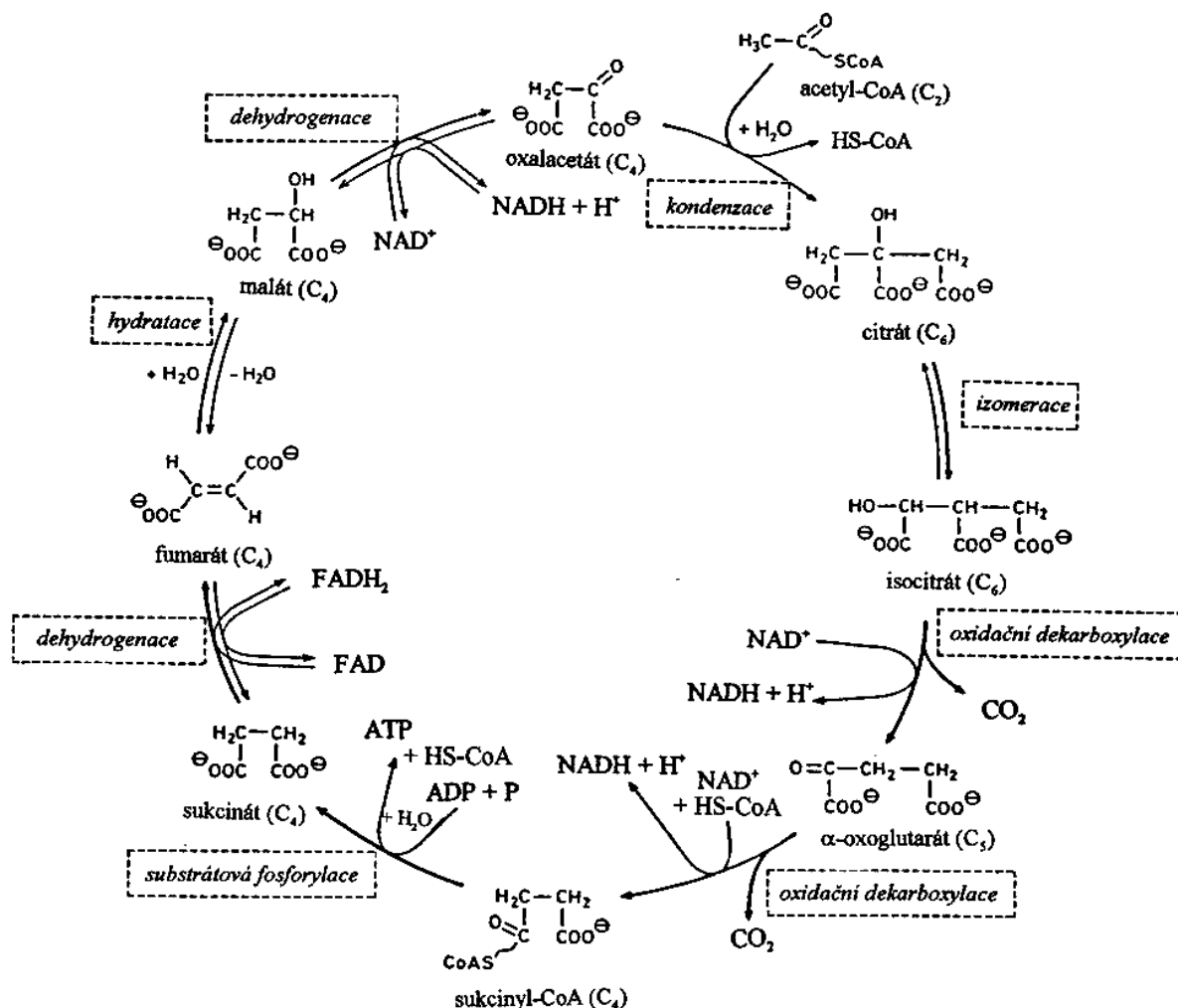
5 bodů

1. Metabolismus je souhrn veškerých dějů, které probíhají uvnitř organismu a při kterých dochází k přeměně látek, energie a informací. Tyto děje slouží k tvorbě využitelné energie a látek potřebných pro činnost organismu. *1 bod*
2. Vysvětlené pojmy:
  - a) Část metabolismu, při níž dochází k rozkladu látek (zásobních látek nebo přijatých živin), jejichž přeměnami získává organismus energii (ve formě např. ATP), redukční ekvivalenty (např. NADPH + H<sup>+</sup>) a substráty potřebné pro biosyntézu látek organismu vlastních.
  - b) Syntetická fáze metabolismu s převahou chemických reakcí, které vedou k syntéze (a ukládání) bílkovin (k růstu svalové hmoty) a zásobních látek (glykogen a triacylglyceroly). *1 bod*
3. Vysvětlené pojmy:
  - a) Při reakci se energie uvolňuje (výchozí látky mají vyšší volnou energii než produkty),  $\Delta G < 0$ .
  - b) Do reakce je energii nutno dodat (výchozí látky mají nižší volnou energii než produkty),  $\Delta G > 0$ . *1 bod*
4. Acetyl-CoA vzniká v organismu odbouráváním sacharidů (oxidační dekarboxylace pyruvátu jako produktu glykolýzy), lipidů ( $\beta$ -oxidace mastných kyselin), bílkovin (degradací uhlíkatých koster ketogenních aminokyselin). *1 bod*
5. Systém využívání látek organismy:
  - a) CO<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O – O<sub>2</sub>, např. jsou vyšší zelené rostliny, sinice
  - b) organické látky – organické látky – O<sub>2</sub>, např. některé řasy a bakterie,
  - c) organické látky – organické látky – O<sub>2</sub>, např. živočichové, aerobní mikroorganismy,
  - d) organické látky – organické látky – SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, např. půdní anaer. mikroorganismy,
  - e) organické látky – organické látky – organické látky (meziprodukty metabolismu), např. kvasinky, škrkavky,
  - f) CO<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub> – O<sub>2</sub>, např. siřné, nitrifikační bakterie *1 bod*

Úloha 2

4 body

1.



2 body

2. 12 molekul ATP.

1 bod

3. Tvorba ATP probíhá:

- v cytoplasmě – mechanismem substrátové fosforylace (energie syntézy ATP z ADP a P je kryta hydrolýzou jiné makroergické sloučeniny např. fosfoenolpyruvátu);
- na membráně uvnitř mitochondrií či chloroplastů – mechanismem membránové fosforylace

V obou případech se jako energetického zdroje využívá rozdílu koncentrace vodíkových iontů na obou stranách membrány; k tvorbě ATP slouží v mitochondriích energie získaná z potravy respirací, v chloroplastech energie slunečního záření zachycená v procesu fotosyntézy.

1 bod

Úloha 3

3 body

$$1. \quad \Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln \frac{[\text{D-glukosa-6-fosfát}] \cdot [\text{ADP}]}{[\text{D-glukosa}] \cdot [\text{ATP}]} = -34,66 \text{ kJ mol}^{-1}$$

1 bod

2. Stav dané reakce je velice vzdálen od rovnováhy ve prospěch tvorby produktu, tj. aktivované D-glukosy

1 bod

3. Opačným směrem reakce prakticky nemůže probíhat.

1 bod

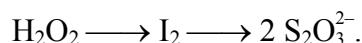
**PRAKTICKÁ ČÁST (40 bodů)****Úloha 1 Stanovení peroxidu vodíku v kyselém prostředí****30 bodů**

Bodové hodnocení je třeba spočítat pro průměrnou spotřebu odměrného roztoku  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , a to dle následující tabulky.

Odchylka $\Delta V$ (ml)	Body
0,0 – 0,3	20
0,3 – 1,3	20(1,3 – odchylka)
$\geq 1,3$	0

Odchylka se udává v absolutní hodnotě (v ml) od hodnoty experimentálně zjištěné organizátory, body se uvádí s přesností na 0,5 bodu. *celkem za spotřeby max. 20 bodů*

Při stanovení probíhají reakce (1) a (2) uvedené v zadání úlohy. Pro stechiometrický poměr mezi stanovovaným peroxidem vodíku a odměrným roztokem thiosíranu platí reakce



Vzhledem k tomu, že se jedná o nepřímou titraci, lze látkové množství stanovovaného peroxidu vypočítat dle vztahu

$$n(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,5n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0,5 \cdot c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \cdot V(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}).$$

Hmotnost stanoveného peroxidu vodíku v původní 100 ml odměrné baňce je dána vztahem

$$m(\text{H}_2\text{O}_2) = n(\text{H}_2\text{O}_2) \cdot M_r(\text{H}_2\text{O}_2) \cdot F_{zř},$$

kde  $M_r$  je relativní molekulová hmotnost  $\text{H}_2\text{O}_2$  a  $F_{zř}$  je poměr mezi celkovým objemem vzorku a objemem vzorku použitým pro jednu titraci, tj. v tomto případě je  $F_{zř} = 10$ .

Po dosazení hodnot do výše uvedených vztahů pro množství  $\text{H}_2\text{O}_2$  v mg ve 100 ml odměrné baňce platí

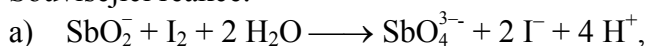
$$m(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,5 \cdot c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \cdot V(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \cdot 34,02 \cdot 10.$$

Do výpočtu je třeba spotřeby odměrných roztoků dosazovat v ml a koncentrace v mol  $\text{l}^{-1}$ .

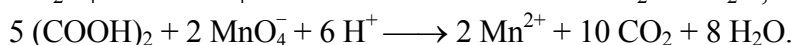
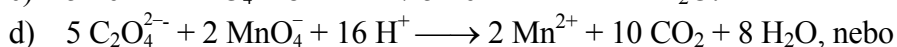
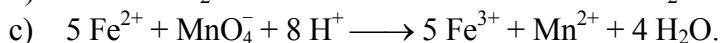
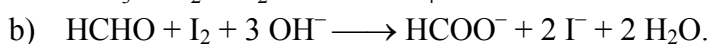
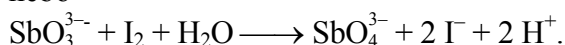
*za správný postup výpočtu 10 bodů*

**Úloha 2 Kontrolní otázky****10 bodů**

1. Související reakce.



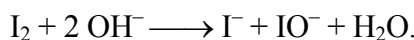
nebo



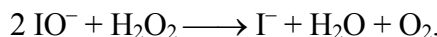
*za každou vyčíslanou rovnicí 0,5 bodu, tj. max. 2 body*

2. Chemické rovnice následujících dějů.

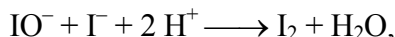
- a) Pokud se ke vzorku peroxidu vodíku přidá v alkalickém prostředí nadbytek odměrného roztoku jodu, dojde nejprve k přeměně jodu v alkalickém prostředí na jodid a jodnan dle reakce



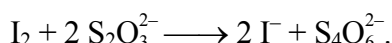
Vzniklý jodnan se peroxidem vodíku redukuje na jodid dle rovnice



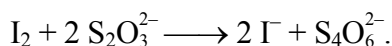
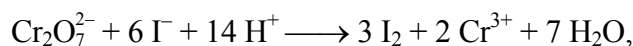
Z nezreagovaného alkalického roztoku jodnanu a jodidu se okyselením kyselinou sírovou uvolní nespotřebovaný jod,



který je následně titrován odměrným roztokem thiosíranu.

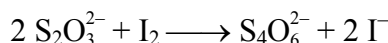
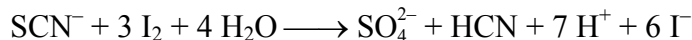


- b) Standardizace thiosíranu na základní látku dichroman probíhá dle následujících rovnic.

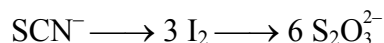


*za popis stanovení H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> v alkalickém prostředí 2 body,  
za vyčíslené rovnice standardizace 2 body,  
celkem 4 body*

3. Při stanovení probíhají následující reakce.



Pro stechiometrický poměr mezi thiokyanatanem a thiosíranem tedy platí



Látkové množství stanoveného thiokyanatanu lze vypočítat dle vztahu

$$n(\text{KSCN}) = \frac{1}{3}[(c(\text{I}_2) \cdot V(\text{I}_2)) - (0,5 \cdot c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \times V(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}))].$$

Hmotnost stanoveného thiokyanatanu je určena vztahem

$$m(\text{KSCN}) = M_r(\text{KSCN}) \cdot n(\text{KSCN}).$$

Po dosazení hodnot do výše uvedených vztahů platí

$$m(\text{KSCN}) = \frac{1}{3}[(0,1049 \cdot 25,0) - (0,5 \cdot 0,0504 \cdot 5,25)] \cdot 97,18 = 80,66 \text{ mg}.$$

Čistota preparátu =  $100 \cdot 80,66/94,7 = 85,18 \%$ .

*za správný výpočet a výsledek 3 body,  
za vyčíslené rovnice dohromady 1 bod,  
tj. max. 4 body*

**Doplňková úloha kategorie E**

**Úloha 1 Neznámé vzorky**

**20 bodů**

Jednotlivé zkumavky jsou označeny následovně.

- |   |   |   |
|---|---|---|
| 1. 15% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>               | 4. 5% Na <sub>3</sub> VO <sub>4</sub>   | 7. 2M NaOH                                |
| 2. 5% Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5. 5% Mn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | 8. 5% Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>   |
| 3. 5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>                 | 6. 5% NaIO <sub>4</sub>                 | 9. bílý (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S |

Pomocí pH papírku se zjistí přítomnost H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a NaOH.

Důkazové reakce:

- 1 – 2  $2 \text{H}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \longrightarrow \text{S}\downarrow + \text{SO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$   
 (bílý zákal, unikající plyn dokážeme čichem nebo pH papírkem)
- 1 – 4  $4 \text{H}^+ + \text{VO}_4^{3-} \longrightarrow \text{VO}_2^+ + 2 \text{H}_2\text{O}$  (žlutý roztok)
- 1 – 8  $\text{SO}_4^{2-} + \text{Pb}^{2+} \longrightarrow \text{PbSO}_4\downarrow$  (bílá sraženina)
- 1 – 9  $2 \text{H}^+ + \text{S}^{2-} \longrightarrow \text{H}_2\text{S}(\text{g})$ , vznikající plyn dokážeme čichem
- 2 – 4 – 1  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 2 \text{VO}_4^{3-} + 10 \text{H}^+ \longrightarrow 2 \text{VO}_2^+ + \text{S}\downarrow + \text{SO}_4^{2-} + 5 \text{H}_2\text{O}$  (modrý roztok)
- 2 – 8  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{Pb}^{2+} \longrightarrow \text{PbS}_2\text{O}_3\downarrow$  (bílá, v nadbytku S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> rozpustná)  
 $\text{PbS}_2\text{O}_3 + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \longrightarrow [\text{Pb}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{2-}$  (bezbarvý)
- 3 – 4 – 1 např.  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{VO}_4^{3-} + 4 \text{H}^+ \longrightarrow [\text{VO}(\text{O}_2)]^+ + 3 \text{H}_2\text{O}$ ,  
 nebo  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{VO}_4^{3-} + 2 \text{H}^+ \longrightarrow [\text{VO}_2(\text{O}_2)]^- + 2 \text{H}_2\text{O}$ ,  
 nebo  $2 \text{H}_2\text{O}_2 + \text{VO}_4^{3-} \longrightarrow [\text{VO}_2(\text{O}_2)_2]^{3-} + 2 \text{H}_2\text{O}$  (červenohnědý peroxokomplex)
- 4 – 5  $2 \text{VO}_4^{3-} + 3 \text{Mn}^{2+} \longrightarrow \text{Mn}_3(\text{VO}_4)_2\downarrow$  (žlutohnědá)
- 4 – 8  $2 \text{VO}_4^{3-} + 3 \text{Pb}^{2+} \longrightarrow \text{Pb}_3(\text{VO}_4)_2\downarrow$  (bílá)
- 4 – 9 – 1  $2 \text{VO}_4^{3-} + \text{S}^{2-} + 12 \text{H}^+ \longrightarrow 2 \text{VO}_2^+ + \text{S}\downarrow + 6 \text{H}_2\text{O}$  (modrý + zákal)
- 5 – 1 – 6  $2 \text{Mn}^{2+} + 5 \text{IO}_4^- + 3 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{MnO}_4^- + 5 \text{IO}_3^- + 6 \text{H}^+$  (fialový roztok)
- 5 – 6  $\text{Mn}^{2+} + 2 \text{IO}_4^- \longrightarrow \text{Mn}(\text{IO}_4)_2\downarrow$  (červenohnědá)
- 5 – 7  $\text{Mn}^{2+} + 2 \text{OH}^- \longrightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2\downarrow$  (bílá)  
 vzdušným kyslíkem zvolna hnědne za vzniku Mn(OH)<sub>3</sub>, případně až MnO<sub>2</sub>.xH<sub>2</sub>O
- 5 – 7 – 3  $\text{Mn}^{2+} + 2 \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{MnO}(\text{OH})_2\downarrow + \text{H}_2\text{O}$  (hnědá)
- 5 – 9  $\text{Mn}^{2+} + \text{S}^{2-} \longrightarrow \text{MnS}\downarrow$  (růžový)
- 6 – 8  $2 \text{IO}_4^- + \text{Pb}^{2+} \longrightarrow \text{Pb}(\text{IO}_4)_2\downarrow$  (bílá)
- 7 – 8  $2 \text{OH}^- + \text{Pb}^{2+} \longrightarrow \text{Pb}(\text{OH})_2\downarrow$  (bílá)
- 8 – 9  $\text{Pb}^{2+} + \text{S}^{2-} \longrightarrow \text{PbS}\downarrow$  (černá)
- 8 – 9 – 3  $\text{PbS} + 4 \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{PbSO}_4\downarrow + 4 \text{H}_2\text{O}$  (bílá)

*správné určení obsahu zkumavky 2 body, celkem tedy 18 bodů  
 správná rovnice (vyčíslená) 0,5 bodu, celkem tedy 10 bodů  
 popis vzniklého produktu reakce 0,5 bodu, celkem tedy 10 bodů  
 přehlednost protokolu 2 body  
 za celou úlohu dohromady nejvýše 40 bodů*

## POKYNY PRO PŘÍPRAVU PRAKTICKÉ ČÁSTI

### Pomůcky:

- 2× zábrusová kuželová baňka 250 ml se zátkou (lze použít i titrační baňku 250 ml a hodinové sklo),
- byreta 25 ml + malá nálevka,
- pipeta 10 ml,
- 2× odměrný válec 10 a 25 ml,
- kádinka 50 a 250 ml,
- odměrná baňka 100 ml,
- stříčka s destilovanou vodou.

### Chemikálie:

- odměrný roztok  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ( $c = 0,1 \text{ mol l}^{-1}$ , známé koncentrace),
- indikátor škrobový maz,
- $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $c = 2 \text{ mol l}^{-1}$ ),
- KI (10% vodný roztok),
- vzorek  $\text{H}_2\text{O}_2$  v odměrné baňce 100 ml.

### Příprava odměrného roztoku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ o koncentraci $0,1 \text{ mol l}^{-1}$

Navážku cca 25,0 g  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  rozpustit v destilované vodě obsahující přibližně 0,1 g uhličitanu sodného (stabilizátor) a doplnit destilovanou vodou na objem 1000 ml.

Přesná koncentrace pro soutěžící je  $0,1000 \text{ mol l}^{-1}$ , přesné spotřeby pro stanovení vzorky peroxidu určí organizátoři experimentálně.

### Příprava škrobového mazu

Přibližně 4 g rozpustného škrobu (pro konzervaci lze přidat 0,01 g  $\text{HgI}_2$ ) v třecí misce rozetřít s malým množstvím destilované vody na kaši, tu po částech převést horkou destilovanou vodou do přiměřené nádoby a doplnit na objem 1000 ml.

### Příprava $\text{H}_2\text{SO}_4$ o koncentraci $2 \text{ mol l}^{-1}$

Je třeba rozpustit cca 112 ml kyseliny sírové p. a. (96%,  $\rho = 1,83 \text{ g cm}^{-3}$ ) v přiměřeném množství destilované vody (cca 750 ml) a po zchlazení vše doplnit na 1000 ml.

### Příprava vzorku peroxidu vodíku

Organizátoři připraví cca 3% vodný roztok  $\text{H}_2\text{O}_2$ , ze kterého pak pro soutěžící odměří 5 ml do odměrné baňky 100 ml. Předpokládaná spotřeba při koncentraci  $0,1 \text{ mol l}^{-1}$   $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  je cca 9 ml.

## KONTROLNÍ TEST ŠKOLNÍHO KOLA (60 bodů)

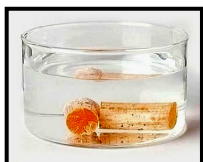
Časová náročnost: 60 minut

Přípustné pomůcky: žádné

### I. Anorganická chemie

#### Úloha 1 Chemie fosforu

7 bodů



Ve školním kole jsme se zabývali, kromě jiného, historií zápalky. Již tedy víte, že fosfor je součástí škrťátka. Napovíme vám že, před továrnou na výrobu fosforu jsou často k vidění vagóny s apatitem a pískem.

#### Úkoly:

1. Víte, jak se fosfor vyrábí? Napište rovnici výroby bílého fosforu.
2. K čemu slouží při výrobě písek resp. oxid křemičitý? Jak by reakce probíhala bez přítomnosti písku? Napište rovnici.
3. Jak se získá z bílého fosforu červený?
4. Která z modifikací fosforu se nachází v současných zápalkách?
5. Fosfidy se stále využívají jako deratizační prostředky. Na jakém principu funguje deratizační účinek fosfidu zinečnatého? Popište rovnici.
6. Jak se fosfid zinečnatý vyrábí? Napište rovnici.

#### Úloha 2 Jak na Savo?

9 bodů



Chlor v elementárním stavu a některé jeho sloučeniny mají oxidační účinky, čehož se využívá v technické praxi, např. pro bělení, desinfekci a také v průmyslu výbušin. V této úloze se budeme zabývat chemií chloru v kombinaci s elektrolytickými procesy. Řada sloučenin chloru se vyrábí z chloridu sodného právě elektrolýzou. Vznikající produkt závisí na podmínkách provedení elektrolýzy. Množství vznikajících produktů závisí na náboji prošlém elektrolýzou.

#### Úkoly:

1. Vypočítejte objem vzniklého chloru (v ml) při teplotě 20 °C a tlaku 101 kPa, pokud při elektrolýze 12% roztoku NaCl prošel elektrolýzou náboj 2 500 C.
2. Vzniklý chlor spálíme kvantitativně s vodíkem na chlorovodík. Ten zavádíme do destilované vody a vzniklý roztok doplníme destilovanou vodou na objem 800 ml. Vypočítejte pH vzniklého roztoku.
3. Kolik g NaOH je přítomno po elektrolýze v elektrolýzě?
4. Postačilo by elektrolýzou vzniklé množství NaOH na neutralizaci 800 ml roztoku HCl připraveného podle úkolu 2?
5. V přípravku Savo je obsažena jako aktivní složka sloučenina chloru, která má bělicí a desinfekční účinky. O jakou sloučeninu se jedná? Jak ji lze elektrolyticky připravit přímo v elektrolýzě?
6. Bylo by vhodné při elektrolytické přípravě roztoku Sava použít *diafragmu*? Proč?
7. V praxi se ovšem přípravek Savo nevyrábí přímo v elektrolýzě. Popište rovnici jeho výroby.
8. Na jakém principu jsou založeny bělicí schopnosti Sava? Popište rovnici.

## II. Organická chemie

### Úloha 1 Polynitroaromatické látky

8 bodů

Jedny z energetických materiálů, které mají využití jako výbušiny nebo reaktivní paliva, jsou vysoce nitrované či pernitrované aromatické systémy. Od polynitroaromatických analogů TNT se očekávají lepší vlastnosti, jakými jsou hustota, síla, citlivost a stabilita, ale zatím bylo připraveno pouze několik těchto derivátů. Níže se podrobněji seznámíte se dvěma deriváty benzenu, hexa- a pentanitrobenzenem.

Přípravu hexanitrobenzenu z TNT popisuje Schéma I:

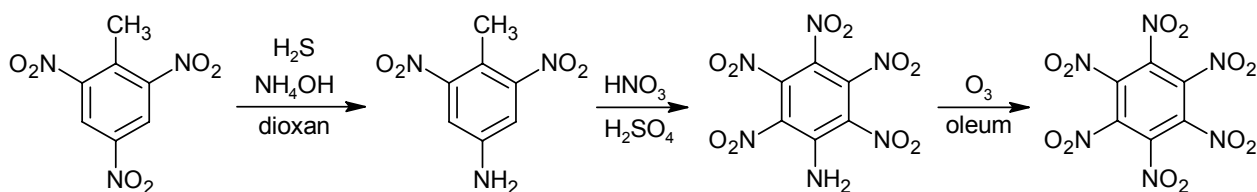


Schéma I – Příprava hexanitrobenzenu.

V prvním kroku je selektivně redukována jedna nitroskupina TNT, ve druhém (komplexnějším) kroku za použití nitrační směsi vzniká pentanitroanilin, který je v závěrečném kroku zoxidován na hexanitrobenzen.

Přípravu pentanitrobenzenu znázorňuje Schéma II.

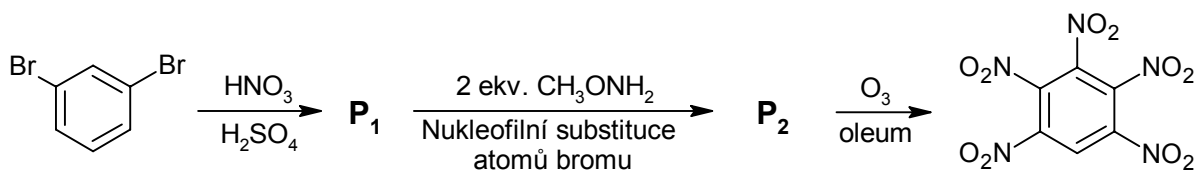


Schéma II – Příprava pentanitrobenzenu.

Reakce je vedena také přes dva meziproducty a v závěrečném kroku je rovněž použito silné oxidační směsi pro získání pentanitrobenzenu ve směsi dalších produktů.

#### Úkoly:

1. U syntézy hexanitrobenzenu vysvětlíte, proč je prvním krokem redukce TNT.
2. Napište, jakým způsobem se v molekule 4-methyl-3,5-dinitroanilinu zapojují aminoskupina do rezonance. Uveďte 3 rezonanční struktury.
3. Bylo zjištěno, že při konverzi 4-methyl-3,5-dinitroanilinu na pentanitroanilin unikají z reakční směsi bublinky  $\text{CO}_2$ . Pokuste se vysvětlit podstatu této skutečnosti.
4. Doplňte Schéma II: Nakreslete a pojmenujte meziproducty **P<sub>1</sub>** a **P<sub>2</sub>**.
5. Může být 1,3-dibrombenzen syntetizován přímou bromací benzenu? Objašněte.



**Úloha 2 Ještě něco k TNT**

**8 bodů**

Ve školním kole jsme se zabývali energetickou stránkou trinitrotoluenu, nyní se podíváme na TNT z pohledu chemického.

**Úkoly:**

1. Napište alespoň dva další technické názvy 2,4,6-trinitrotoluenu (TNT).
2. Napište reakční schéma výroby TNT a v každém kroku uveďte podmínky, za jakých reakce probíhá. Proč běžně nelze toluen nitrovat přímo do třetího stupně?
3. Nakreslete rezonanční struktury MNT (2-nitrotoluenu).
4. TNT může být výchozí látkou pro přípravu 1,3,5-trinitrobenzenu. Uveďte reakční schéma syntézy 1,3,5-trinitrobenzenu z TNT.

### III. Fyzikální chemie

#### Úloha 1 Nitroglycerin

10 bodů



Jednoho dne roku 1846 si chystal Ascanio Sobrero nitrační směs pro své experimenty. Potom připravenou nitrační směs smísil s glycerolem (pravděpodobně omylem). Poprvé tak připravil látku, která jako jediná ve své době byla silnější výbušninou než střelný prach. Sobrerův objev nezůstal nepovšimnut...

Jméno, které je s nitroglycerinem asi více spojované, je Alfred Nobel. Nejprve mu exploze nitroglycerinu v rodinné firmě zabila mladšího bratra Emila, rok na to si založil firmu Alfred Nobel & Company pracující s nitroglycerinem u Hamburku v Německu. V roce 1867 byl zde sestaven dynamit...

#### Úkoly:

- Co je to nitrační směs? Reakcí popište přípravu nitroglycerinu. Produkt reakce nazvěte systematicky.
- Nitroglycerin jsme si připravili v předcházející otázce. Nyní může dojít k jeho explozi. Popište ji chemickou reakcí. Předpokládejte nulovou kyslíkovou bilanci.
- Vypočítejte standardní slučovací entalpii nitroglycerinu při teplotě 25 °C, máte-li k dispozici následující data.

Teplo uvolněné výbuchem 1 kg čistého nitroglycerinu je  $-6,257$  MJ.

$$\Delta_{\text{sluč}}H^\circ(\text{Gly}, \text{l}) = -669,6 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_{\text{spal}}H^\circ(\text{Gly}, \text{l}) = -1654 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_{\text{sluč}}H^\circ(\text{CO}_2, \text{g}) = -393,5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_{\text{f}}H^\circ(\text{H}_2\text{O}, 25 \text{ }^\circ\text{C}, \text{l} \rightarrow \text{g}) = 44,00 \text{ kJ mol}^{-1}$$

„Gly“ značí glycerol,  $\Delta_{\text{sluč}}H^\circ$  je standardní slučovací entalpie látky  $i$ ,  $\Delta_{\text{spal}}H^\circ$  standardní spalnou entalpii látky  $i$ , (l) kapalnou fází a (g) fází plynou.

#### Úloha 2 K čemu se hodí stavová rovnice ideálního plynu?

6 bodů

Odpověď není jednoduchá a krátká. V této úloze ji použijeme pro stanovení objemu. Uzavřenou nádobu neznámého objemu opatřenou tlakovou měrkou a teploměrem nejprve evakuujeme a po té do ní napustíme při laboratorní teplotě (20,00 °C) neznámé množství helia. Tlaková měrka ukazovala 670,0 Pa. Z nádoby odčerpáme určité množství plynu,  $2,791 \cdot 10^{20}$  atomů, a nádobu i s plynem ohřejeme o 25,00 °C a naměříme tlak 700,0 Pa. Jaký je objem nádoby?

Konstanty potřebné pro řešení:  $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ;  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

## IV. Biochemie

### Úloha 1

7 bodů

#### Úkoly:

1. Které živiny přijímané v potravě jsou hlavním zdrojem energie pro organismus?
2. Co jsou „makroergické sloučeniny“?
3. Nakreslete vzorec ATP a označte vazbu, jejíž hydrolýzou se uvolňuje energie.
4. Proč je nesprávný dříve používaný název pro vazbu, kterou jste označili v otázce č. 3, „makroergická“ (tj. obsahující hodně energie)?

### Úloha 2

5 bodů

#### Úkoly:

1. Která látka se zpracovává v citrátovém cyklu? (uveďte název, **ne** vzorec)
2. Pomocí vhodných a obecně užívaných zkratk pro části molekul napište sumární rovnici citrátového cyklu.
3. Kde v buňce probíhá:
  - a) citrátový cyklus,
  - b) dýchací řetězec,
  - c)  $\beta$ -oxidace mastných kyselin,
  - d) glykolýza?

## ŘEŠENÍ KONTROLNÍHO TESTU ŠKOLNÍHO KOLA

### I. Anorganická chemie

#### Úloha 1 Chemie fosforu

7 bodů

- $2 \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6 \text{SiO}_2 + 10 \text{C} \longrightarrow \text{P}_4 + 6 \text{CaSiO}_3 + 10 \text{CO}$  (lze uznat vznik  $\text{CO}_2$  i vznik  $\text{SiO}$ )  
*1 bod za reakční schéma, 1 bod za vyčíslení, celkem 2 body*
- $\text{SiO}_2$  brání vzniku fosfidu vápenatého tím, že váže při rozkladu vznikající  $\text{CaO}$  a tím zabraňuje parazitní reakci  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 8 \text{C} \longrightarrow \text{Ca}_3\text{P}_2 + 8 \text{CO}$   
*1 bod za vysvětlení funkce písku,  
 1 bod za rovnici nebo 0,5 bodu za pouhé reakční schéma,  
 celkem 2 body*
- $\text{P}_4$  (bílý)  $\longrightarrow$   $\text{P}_n$  (červený) reakce probíhá zahříváním bez přístupu vzduchu, nebo za katalýzy  $\text{I}_2$ . *0,5 bodu*
- $\text{P}_{\text{červený}}$  *0,25 bodu*
- $\text{Zn}_3\text{P}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{PH}_3 + 3 \text{Zn}(\text{OH})_2$ , vzniká toxický fosfan  
*0,5 bodu za reakční schéma,  
 0,5 bodu za vyčíslení rovnice,  
 0,25 za uvedení toxicity, celkem 1,25 bodu*
- $6 \text{Zn} + \text{P}_4 \longrightarrow 2 \text{Zn}_3\text{P}_2$  *1 bod*

#### Úloha 2 Jak na Savo?

9 bodů

- $Q = It = znF$ , pak platí  $n = \frac{Q}{zF} = \frac{2500}{96485 \cdot 2} = 0,01296$  mol  $\text{Cl}_2$ .  
 Množství vyměněných elektronů  $z$  je pro molekulu chloru roven dvěma.  
 Pro výpočet objemu chloru za udaných podmínek dostáváme:  
 $V = \frac{nRT}{p} = \frac{0,01296 \cdot 8314 \cdot 293,15}{101 \cdot 10^3} = 0,3131 = 313$  ml plynného chloru. *2,5 bodu*
- Pro spalování vodíku v chloru:  $\text{Cl}_2 + \text{H}_2 \longrightarrow 2 \text{HCl}$ . Z úlohy 1. je látkové množství chloru  $n = 0,01296$  mol  $\text{Cl}_2$  pro  $n_{\text{HCl}}$  platí dvojnásobek.  
 $n_{\text{HCl}} = 2(0,01296) = 0,02592$  mol  $\text{HCl}$ .  
 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log\left[\frac{0,02592}{0,8}\right] = 1,49$  *2 body*
- $m_{\text{NaOH}} = \frac{Q}{F} M_{\text{NaOH}} = \frac{2500}{96485} 39,997 = 1,036$  g *1 bod*
- Postačovalo, při elektrolýze dochází na elektrodách k těmto dějům.  
 Anoda:  $2 \text{Cl}^- - 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{Cl}_2$ ,  
 Katoda:  $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$ .  
 Na jeden mol chloru připadají tímto 2 moly  $\text{NaOH}$ . Podle rovnice v úloze 2 vzniknou při spálení chloru 2 moly chlorovodíku, pak platí:  
 $\text{NaOH} + \text{HCl} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$  *1,5 bodu*
- Aktivní složkou je chlornan sodný  $\text{NaClO}$ . Elektrolýzou roztoku  $\text{NaCl}$  za studena, bez použití diafragmy, kdy v elektrolyzáru dochází k současné reakci vznikajícího chloru a  $\text{NaOH}$  podle reakce:  $2 \text{NaOH} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{NaClO} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$  *0,5 bodu*

**Řešení kontrolního testu školního kola ChO kat. A a E 2010/2011**

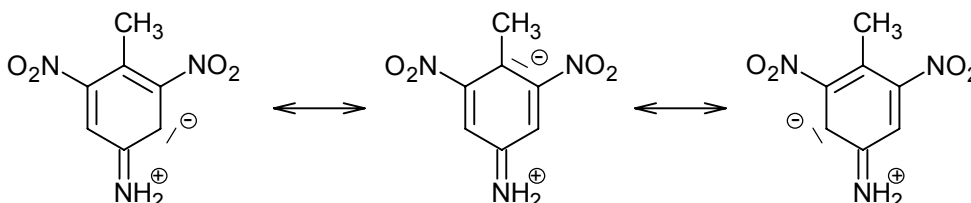
6. Diafragma od sebe odděluje katodový a anodový prostor, a proto tedy zabraňuje vzájemné reakci NaOH a plynného chloru. Byla by proto nevhodná pro elektrolytickou přípravu roztoku chlornanu. *0,5 bodu*
7. V praxi se přípravek Savo vyrábí zaváděním plynného chloru do roztoku hydroxidu sodného.  
 $2 \text{NaOH} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{NaClO} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$  *0,5 bodu*
8. Bělící vlastnosti Sava jsou založeny na oxidačních schopnostech atomárního kyslíku, který vzniká redukcí chlornanového aniontu na chloridový podle rovnice  
 $\text{NaClO} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{O}$  *0,5 bodu*

## II. Organická chemie

### Úloha 1 Polynitroaromatické látky

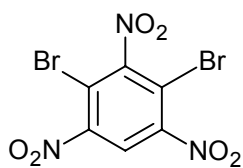
8 bodů

- Aminoskupina vykazuje +M efekt a aktivuje jádro pro elektrofilní aromatickou substituci. Bez této aktivace by další substituce jádra buďto nešla vůbec, nebo by byla velmi pomalá. Navíc se následně dá oxidovat na potřebnou nitroskupinu. *1 bod*
- Zapojení aminoskupiny do rezonance vystihují následující tři rezonanční struktury:



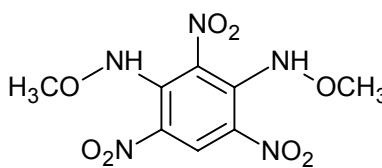
za každou správnou rezonanční strukturu 0,5 bodu, maximálně za rezonanční struktury 1,5 bod, nebudují se případné varianty se zapojením nitroskupin do rezonance

- HNO<sub>3</sub> působí v reakční směsi rovněž jako oxidovadlo; methylskupina se oxiduje na karboxylovou skupinu. Ta za daných reakčních podmínek ihned dekarboxyluje. Tím pádem se může v reakci uplatnit i rezonanční struktura, která by před dekarboxylací vedla na substituci do obsazené polohy. *2 body*
- P<sub>1</sub>** – 2,4-dibrom-1,3,5-trinitrobenzen *0,5 bodu*  
**P<sub>2</sub>** – *N,N'*-dimethoxy-2,4,6-trinitrobenzen-1,3-diamin *0,25 bodu*



**P<sub>1</sub>**

*1,25 bodu*



**P<sub>2</sub>**

*0,5 bodu*

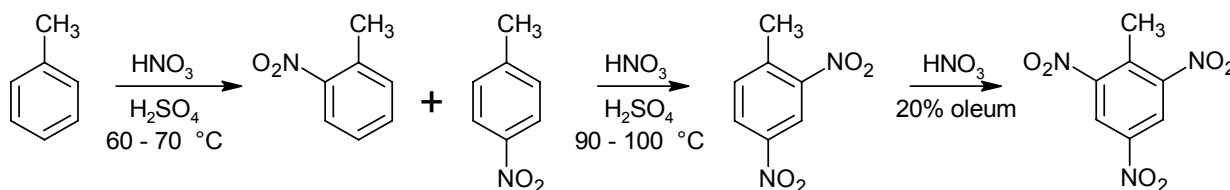
za oba vzorce celkem 1,75 bodu

- Nelze. Atom bromu, zavedený na benzenové jádro v prvním stupni bromace, vykazuje +M efekt a proto atak jádra v dalších stupních bude přednostně probíhat do polohy *ortho/para*. *1 bod*

### Úloha 2 Ještě něco k TNT

8 bodů

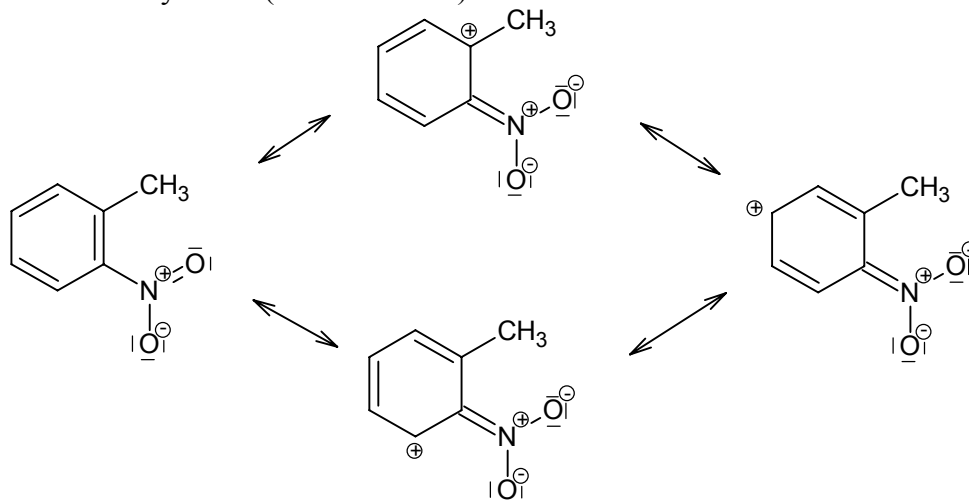
- Tritol, Trotyl *za každý název 0,5 bodu, celkem 1 bod*
- Schéma syntézy je následující:



za každý krok 0,5 bodu, za uvedení podmínek 0,5 bodu, celkem 3 body.

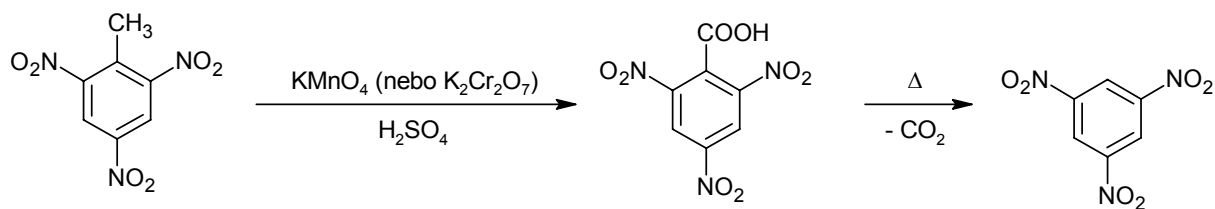
Dvě nitroskupiny v molekule dinitrotoluenu už deaktivují jádro pro další substituci natolik, že je pro třetí stupeň nitrace nutno použít velice drastických podmínek (HNO<sub>3</sub> a oleum). *1 bod*

3. Rezonanční struktury MNT (2-nitrotoluenu):



za každou rezonanční strukturu 0,5 bodu, celkem 1,5 bodu

4. Rovnice syntézy 1,3,5-trinitrobenzenu z TNT:



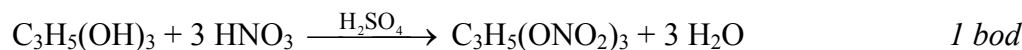
za správný způsob přípravy 1,5 bodu

### III. Fyzikální chemie

#### Úloha 1 Nitroglycerin

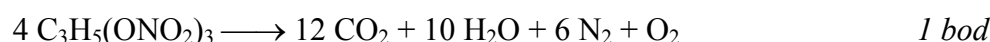
10 bodů

1. Nitrační směs je směs koncentrované kyseliny dusičné a sírové, která se využívá při nitraci (reakci s  $\text{NO}_2^+$  částicí). Kyselina sírová plní funkci katalyzátoru. 1 bod



Produktem reakce je 1,2,3-trinitrooxypropan, příp. propan-1,2,3-triol-trinitrát. 1 bod,  
celkem 3 body

2. Reakce



3. Z tepla uvolněného při výbuchu nitroglycerinu je možné vypočítat energetické zabarvení reakce popsané v otázce 2 vztažené na 1 mol reakce (tedy 4 moly nitroglycerinu). Hmotnost 4 molů nitroglycerinu je

$$m_{4, \text{trinitrogly}} = 4(3A_C + 5A_H + 9A_O + 3A_N) = 4 \cdot 227,1 = 908,4 \text{ g}$$

Teplota uvolněná 1 kg čistého nitroglycerinu je  $d_{\text{En}} = -6,257 \text{ MJ}$ .

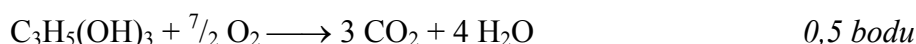
$$\Delta_r H^\circ_{\text{trinitroglycerin}} = \sum \nu_i \Delta_{\text{sluč}} H_i^\circ = d(\text{En}) \quad m(4, \text{trinitroglycerin}) = -6,257 \cdot 10^6 \cdot 0,9084 =$$

$$-5,684 \cdot 10^6 \text{ J mol}^{-1} \quad 1 \text{ bod}$$

Standardní slučovací entalpie plynné vody, která vzniká při výbuchu, je vypočítána pomocí reakce spalování glycerolu. Standardní reakční entalpii lze též získat ze spalných tepel.

$$\Delta_r H^\circ = \sum_i \nu_i \Delta_{\text{sluč}} H_i^\circ = -\sum_i \nu_i \Delta_{\text{spal}} H_i^\circ$$

Rovnice spalování glycerolu.



Spalná tepla výsledných produktů spalování jsou nulová při standardním stavu, proto je možné vypočítat reakční entalpii následovně.

$$\Delta_r H^\circ = -\sum_i \nu_i \Delta_{\text{spal}} H_i^\circ = \Delta_{\text{spal}} H_{\text{gly}}^\circ = -1654 \text{ kJ mol}^{-1} \quad 1 \text{ bod}$$

Slučovací teplo kapalně vody je potom určeno z reakční entalpie spalování glycerolu a standardních slučovacích entalpií.

$$\Delta_{\text{sluč}} H^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = \frac{1}{4} (\Delta_r H^\circ - 3\Delta_{\text{sluč}} H^\circ(\text{CO}_2) + \Delta_{\text{sluč}} H^\circ(\text{Gly}, \text{l})) = -285,8 \text{ kJ mol}^{-1} \quad 1 \text{ bod}$$

Standardní slučovací teplo plynné vody je součtem dvou entalpií (podle Hessova zákona).

$$\Delta_{\text{sluč}} H^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = \Delta_{\text{sluč}} H^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) + \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{l}(25^\circ\text{C}) \rightarrow \text{g}) = -241,8 \text{ kJ mol}^{-1} \quad 1 \text{ bod}$$

A standardní slučovací entalpie nitroglycerinu je

$$\Delta_{\text{sluč}} H^\circ(\text{nitroglycerin}, \text{l}) =$$

$$\frac{1}{4} (-\Delta_r H(\text{nitroglycerin}) + 12\Delta_{\text{sluč}} H(\text{CO}_2, \text{g}) + 10\Delta_{\text{sluč}} H(\text{H}_2\text{O}, \text{l})) = -364,0 \text{ kJ mol}^{-1} \quad 1,5 \text{ bodu}$$

celkem 6 bodů



Úloha 2 K čemu se hodí stavová rovnice ideálního plynu?

6 bodů

**Podmínky I**

$n_1, V_1$  nejsou známy  
 $T_1 = 293,2 \text{ K}$   
 $p_1 = 670, \text{ Pa}$

**Podmínky II**

$n_2, V_2$  neznámé, ale  $n_2 = n_1 - n_{out}$   
 a  $V_1 = V_2 = V$   
 $T_2 = 318,2 \text{ K}$   
 $P_2 = 700,0 \text{ Pa}$

Pro určení objemu nádoby je sestavena soustava dvou rovnic o dvou neznámých ( $n_1, V$ )  $n_{out}$  je vypočítáno pomocí Avogadrovy konstanty 2 body

$$n_{out} = \frac{N}{N_A} = 0,0004635 \text{ mol}$$

Neznámé množství plynu, resp. jeho objem, je vypočítán libovolným postupem řešení soustavy dvou rovnic o dvou neznámých, např.

$$\frac{p_1 V}{p_2 V} = \frac{n_1 R T_1}{(n_1 - n_{out}) R T_2}$$

$$\frac{n_1}{(n_1 - n_{out})} = \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1}$$

$$n_1 = \frac{n_{out}}{1 - \frac{p_2 T_1}{p_1 T_2}} = 0,01242 \text{ mol He} \quad \text{2 body}$$

Objem se dopočítá podle jedné ze stavových rovnic ideálního plynu uvedených výše v řešení

$$V = 0,04517 \text{ m}^3 = 45,17 \text{ l} \quad \text{2 body}$$

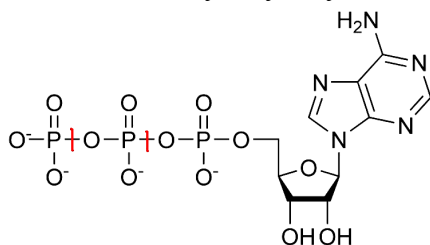
celkem 6 bodů

## IV. Biochemie

### Úloha 1

7 bodů

1. Hlavním zdrojem energie pro organismus jsou lipidy a sacharidy. *1 bod*
2. Jsou to sloučeniny s vysokým obsahem energie, které se snadno a rychle štěpí. *1 bod*
- 3.



- za správné řešení je možné považovat i kyselinu adenosintrifosforečnou *3 body*
4. Energie není obsažena jen v této chemické vazbě, ale uvolňuje se tvorbou produktů. *2 body*

### Úloha 2

5 bodů

1. V citrátovém cyklu se zpracovává acetyl-CoA. *1 bod*
2.  $\text{CH}_3\text{-CO-SCoA} + \text{GDP} + \text{P}_i + 2 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{CO}_2 + 8 [\text{H}] + \text{HSCoA} + \text{GTP}$  *2 body*
3. Odpovědi:
  - a) v mitochondriích,
  - b) v mitochondriích,
  - c) v mitochondriích,
  - d) v cytoplasmě. *2 body*

## **Chemická olympiáda**

Soutěžní úlohy studijní a praktické části a Autorská řešení soutěžních úloh kategorie A a E  
47. ročník – 2010/2011

Autoři kategorie A a E: Ing. Břetislav Brož,  
doc. Ing. Roman Bulánek, Ph.D.,  
Ing. Zdeněk Bureš,  
doc. Ing. Jiří Kulhánek, Ph.D.,  
prof. Ing. Miroslav Vlček, CSc.,  
Ing. Iva Voleská,  
Mgr. Šárka Štěpánková, Ph.D.

Odborná recenze: RNDr. Petr Holzhauser, Ph.D.,  
Mgr. Martin Hrubý, Ph.D.,  
RNDr. Jiří Kroutil, Ph.D.,  
doc. RNDr. Petr Slavíček, Ph.D.  
RNDr. František Zemánek

Pedagogická recenze: RNDr. Vladimír Vít

Redakce: Bc. Ladislav Nádherný

Vydal: Vydavatelství VŠCHT Praha – 50 ks

ISBN: 978-80-7080-758-3