



**49. ročník**  
**2012/2013**

**ŠKOLNÍ KOLO**  
**kategorie C**

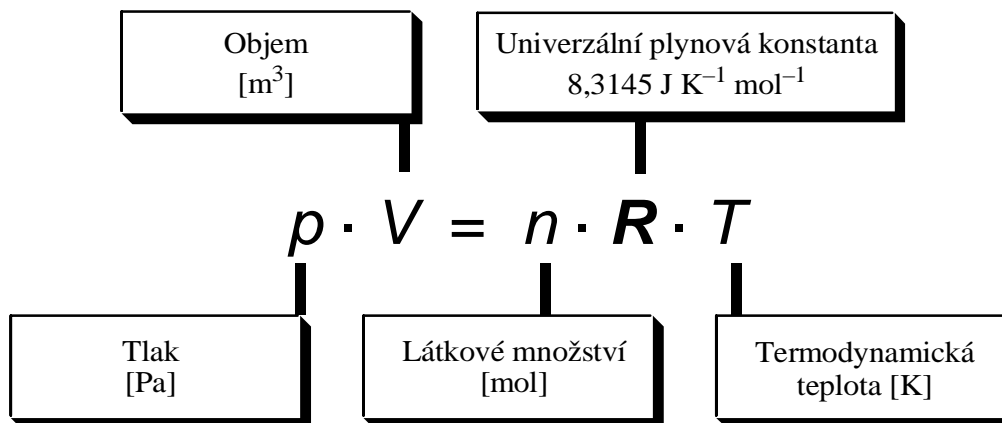
**ŘEŠENÍ SOUTĚŽNÍCH ÚLOH**

## TEORETICKÁ ČÁST (60 BODŮ)

### Úloha 1 Stavová rovnice ideálního plynu

13 bodů

1.



každé doplněné políčko 1 bod

Boyleův zákon:  $p \cdot V = \text{konst. } [n, T]$

„Při konstantní teplotě je součin objemu a tlaku daného množství ideálního plynu konstantní.“

0,5 bodu matematická formulace, 0,5 bodu textová formulace

2.  $T = (273,15 + \{t\})\text{K}$

1 bod

3. Termodynamickou teplotu  $T_1$  dopočítáme ze vztahu v otázce 3. Tlak poté ze stavové rovnice ideálního plynu:

$$T_1 = (273,15 + \{t_1\})\text{K} = (273,15 + \{0\})\text{K} = 273,15 \text{ K}$$

$$p_1 = \frac{n \cdot R \cdot T_1}{V_m} = \frac{1 \cdot 8,3145 \cdot 273,15}{22,414 \cdot 10^{-3}} \text{ Pa} = 101325 \text{ Pa}$$

2 body

4. Molární objem po roce 1985 vypočítáme ze stavové rovnice při teplotě 0 °C tlaku  $p_2$ :

$$V_{m2} = \frac{n \cdot R \cdot T_1}{p_2} = \frac{1 \cdot 8,3145 \cdot 273,15}{100000} \text{ m}^3 = 22,711 \text{ dm}^3$$

2 body

5.

	jednotka	symbol jednotky
101325 Pa	atmosféra	1 atm
100000 Pa	bar	1 bar

každé doplněné políčko 0,5 bodu

Úloha 2 Křížovka

6 bodů

1.			A	Z	I	D														
2.		K	O	N	D	E	N	Z	A	C	E									
3.				R	E	A	K	C	E											
4.				P	Á	R	A													
5.	A	E	R	O	S	O	L													
6.	T	E	K	U	T	I	N	Y												
7.			V	O	D	Í	K													
8.						P	R	I	E	S	T	L	E	Y						
9.			E	X	P	L	O	Z	E											
10.					K	Y	S	L	Í	K										
11.			O	Z	O	N														

každý doplněný řádek křížovky 0,5 bodu

Tajenka: ideální plyn

Jedná se o zjednodušený model plynu umožňující jednoduchý matematický popis jeho chování. Od plynu reálného se liší dvěma hlavními idealizacemi – je dokonale stlačitelný (tj. nelze ho zkapalnit) a nedochází v něm k vnitřnímu tření. Částice plynu se aproximují hmotnými body (zanedbává se tedy jejich vlastní objem), které mezi sebou nepůsobí žádnou jinou interakcí kromě vzájemných, dokonale pružných srážek (nedochází tedy ke změnám kinetické energie).

0,5 bodu

Úloha 3 Neznámý prvek

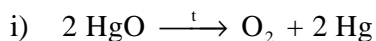
13 bodů

1.

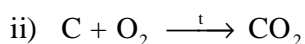
a) **A** – kyslík, **B** – rtuť, **C** – uhlík, **D** – železo

každý prvek 0,5 bodu

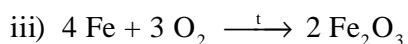
b)



1,5 bodu



1,5 bodu



1,5 bodu

2. V případě uhlíku vznikal plynný oxid uhelnatý či uhličitý (které se po otevření nádoby uvolnily do atmosféry), hmotnostní úbytek uhlíku odpovídá zreagovanému množství uhlíku. V případě železa docházelo ke zvyšování jeho hmotnosti, k železu se vázal kyslík, vznikal pevný oxid železitý, který má vyšší molární hmotnost než železo, hmotnostní přírůstek odpovídá zreagovanému množství železa. 0,5 bodu
3. Hoření – je exotermní redoxní reakce látky s kyslíkem<sup>6</sup>, při které vznikají zejména oxidy přímých prvků. 0,5 bodu
4.  $2 \text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$  1,5 bodu
5.  $2 \text{KMnO}_4 \xrightarrow{t} \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2$  1,5 bodu
6.  $2 \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{elektrolýza}} 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$  1,5 bodu
7. zelené rostliny, fotosyntéza 2×0,5 bodu

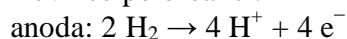
#### Úloha 4 Použití vodíku – cesta z minulosti do současnosti.

**9 bodů**

1. Jednalo se o německou vzducholod' Hindenburg. 0,5 bodu
- $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$  0,5 bodu
2. Raketové motory, využívají zkapalněný vodík. 2×0,5 bodu
3. Složky svítiplynu: vodík, oxid uhelnatý, oxid uhličitý.  
za složky po 0,5 bodu, za označení hořlavých složek 0,25 bodu; celkem 2 body
- Jedovatá složka: oxid uhelnatý. 0,5 bodu
- Svítiplýn se vyráběl karbonizací uhlí. 0,5 bodu
4. Kyslíko-vodíkový palivový článek (lze uznat i jen „palivový článek“). 0,5 bodu
- Anoda – elektroda, na které dochází k oxidaci. 0,5 bodu
- Katoda – elektroda, na které dochází k redukci. 0,5 bodu

<sup>6</sup> V chemii je pojem hoření obecnější, hořet mohou látky i v jiném prostředí, např. v atmosféře oxidu dusného, chloru, v parách síry apod.

Rovnice poloreakcí:



1 bod



1 bod

Kyslíko-vodíkové palivové články se jeví jako ekologické, protože při jejich provozu vzniká pouze voda.

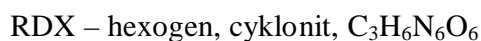
0,5 bodu

## Úloha 5 Explosivní hrátky

19 bodů

1. TNT – tritol, trinitrotoluen,  $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$

*název 0,5 bodu, vzorec 1 bod*



*název 0,5 bodu, vzorec 1 bod*

2. Ze sumárních vzorců vypočítáme kyslíkové přebytky podle uvedeného vztahu:

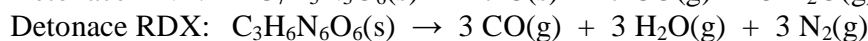
$$\Omega_{\text{TNT}} = \frac{\left(6 - 2 \cdot 7 - \frac{5}{2}\right) \cdot 16}{227,13} \cdot 100 \% = -74 \%$$

2 body

$$\Omega_{\text{RDX}} = \frac{\left(6 - 2 \cdot 3 - \frac{6}{2}\right) \cdot 16}{222,12} \cdot 100 \% = -22 \%$$

2 body

3. Detonace TNT:  $2 \text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6(\text{s}) \rightarrow 7 \text{C}(\text{s}) + 7 \text{CO}(\text{g}) + 5 \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 3 \text{N}_2(\text{g})$



*vždy 2 body za produkty a 1 bod za vyčíslení; celkem 6 bodů*

4. Nejprve vypočítáme molární množství detonujících výbušnin:

$$n_{\text{TNT}} = \frac{m_{\text{TNT}}}{M_{\text{TNT}}} = \frac{100}{227,13} = 0,44 \text{ mol}$$

$$n_{\text{RDX}} = \frac{m_{\text{RDX}}}{M_{\text{RDX}}} = \frac{100}{222,12} = 0,45 \text{ mol}$$

Tato látková množství vynásobíme poměrem stechiometrických koeficientů plynných produktů a výchozí výbušniny, čímž získáme molární množství uvolněných plynů a pomocí stavové rovnice ideálního plynu vypočítáme objem detonačních plynů.

Pozn.: Standardní tlak je nově 100 kPa (viz Úloha 1).

TNT:

$$n_{\text{g,TNT}} = n_{\text{TNT}} \frac{n_{\text{CO}} + n_{\text{H}_2\text{O}} + n_{\text{N}_2}}{n_{\text{TNT}}} = 0,44 \cdot \frac{7 + 5 + 3}{2} = 3,3 \text{ mol}$$

$$V_{\text{g,TNT}} = \frac{n_{\text{g,TNT}} \cdot R \cdot T}{p} = \frac{3,3 \cdot 8,314 \cdot (273,15 + 50)}{100000} = 0,089 \text{ m}^3 = 89 \text{ dm}^3$$

2,75 bodu

RDX:

$$n_{g,RDX} = n_{RDX} \frac{n_{CO} + n_{H_2O} + n_{N_2}}{n_{RDX}} = 0,45 \cdot \frac{3 + 3 + 3}{1} = 4,05 \text{ mol}$$

$$V_{g,RDX} = \frac{n_{g,RDX} \cdot R \cdot T}{p} = \frac{4,05 \cdot 8,314 \cdot (273,15 + 50)}{100000} = 0,109 \text{ m}^3 = 109 \text{ dm}^3$$

2,75 bodu

Účinnější výbušnina je RDX. Síla výbušnin se exaktně posuzuje pomocí brizance, která je funkcí mnoha dalších veličin, např. detonační rychlosti. Obecně ale platí, že čím více plynu vzniká při detonaci, tím je výbušnina účinnější. V našem zjednodušeném případě lze účinnost posoudit na základě objemu vzniklých detonačních plynů.

0,5 bodu

## PRAKTICKÁ ČÁST (40 BODŮ)

### Úloha 1 Gazometrické stanovení hmotnostního zlomku H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

30 bodů

Pozn.: Doplněné hodnoty jsou reálná experimentální data.

Tlak v laboratoři:	99 400 Pa
Teplota vody:	25 °C

Měření č.					
1		2		3	
Hmotnost zkumavky [g]					
<i>m</i> <sub>1</sub>	<i>m</i> <sub>2</sub>	<i>m</i> <sub>1</sub>	<i>m</i> <sub>2</sub>	<i>m</i> <sub>1</sub>	<i>m</i> <sub>2</sub>
23,21 g	27,16 g	23,05 g	26,76 g	21,42 g	25,07 g
Objem plynu <i>V</i> [cm <sup>3</sup> ] (s přesností ±0,5 ml)					
74,0 cm <sup>3</sup>		69,0 cm <sup>3</sup>		68,5 cm <sup>3</sup>	

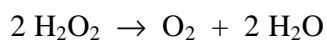
Body:  
6×  
0,5 bodu

Body:  
3×  
2 body

*změření teploty a tlaku 2× 0,5 bodu, změření každé hmotnosti 0,5 bodu, provedení tří měření objemu uvolněného kyslíku 3×2 body; celkem 10 bodů*

#### Otázky a úkoly:

1. Napište vyčíslenou rovnici rozkladu peroxidu vodíku:



2 body

2. Vypočítejte hodnotu molárního objemu *V*<sub>m</sub> za podmínek v laboratoři.

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

Výpočet:  $T = 25 + 273,15 = 298,15 \text{ K}$   
 $99\,400 \cdot V_m = 1 \cdot 8,314 \cdot 298,15$

Molární objem <i>V</i> <sub>m</sub> :	24,94 dm <sup>3</sup> mol <sup>-1</sup>
---------------------------------------	---

2 body

3. Vypočítejte a do následující tabulky запиšte hodnoty požadovaných veličin:

$$M(\text{H}_2\text{O}_2) = 34,01 \text{ g mol}^{-1}$$

Měření č.	1	2	3	Body:
Hmotnost roztoku vzorku ve zkumavce $m(\text{vzorek})$ :	3,95 g	3,71 g	3,65 g	1,5
Látkové množství uvolněného kyslíku $n(\text{O}_2)$ :	2,97 mmol	2,77 mmol	2,75 mmol	1,5
Odpovídající látkové množství peroxidu vodíku $n(\text{H}_2\text{O}_2)$ :	5,94 mmol	5,54 mmol	5,50 mmol	1,5
Hmotnost peroxidu vodíku $m(\text{H}_2\text{O}_2)$ :	0,202 g	0,188 g	0,187 g	1,5
Hmotnostní zlomek peroxidu vodíku $w(\text{H}_2\text{O}_2)$ :	5,13 %	5,07 %	5,12 %	1,5
Průměrná hodnota $w(\text{H}_2\text{O}_2)$ :	<b>5,11 %</b>			0,5

za doplnění každé hodnoty 0,5 bodu, celkem 8 bodů

**Přesnost stanovení:**

$w_{\text{SKUT}}$  ... skutečný hmotnostní zlomek

$w_{\text{STAN}}$  ... hmotnostní zlomek stanovený soutěžícím

$d$  ... relativní chyba stanovení

$$d = \frac{|w_{\text{SKUT}} - w_{\text{STAN}}|}{w_{\text{SKUT}}} \cdot 100 \%$$

0	<	$\delta$	$\leq$	2 %	5 bodů
2 %	<	$\delta$	$\leq$	4 %	4 body
4 %	<	$\delta$	$\leq$	6 %	3 body
6 %	<	$\delta$	$\leq$	8 %	2 body
8 %	<	$\delta$	$\leq$	10 %	1 bod
10 %	<	$\delta$			0 bodů

4. Kyslík se dokáže pomocí žhnoucí třísky (při styku s kyslíkem vzplane).

1 bod

5. Je to katalyzátor.

1 bod

za laboratorní techniku, pečlivost a pořádek na pracovním stole 1 bod

celkem za úlohu nejvýše 30 bodů



Úloha 2 Šumivý prášek vlastní výroby

10 bodů

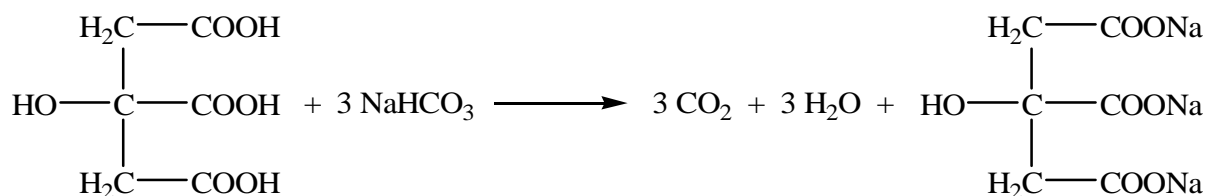
Výroba šumivého nápoje v prášku vlastní výroby

4 body

1. Hydrogenuhličitan sodný,  $\text{NaHCO}_3$

2×0,5 bodu

2. Rovnice neutralizace:



2 body

3. Výpočet:

$$\begin{aligned} m(\text{NaHCO}_3) &= n(\text{NaHCO}_3) \cdot M(\text{NaHCO}_3) = 3 \cdot n(\text{C}_6\text{H}_8\text{C}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{NaHCO}_3) = \\ &= 3 \cdot \frac{m(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O})}{M(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O})} \cdot M(\text{NaHCO}_3) = 3 \cdot \frac{7}{210,14} \cdot 84,01 = 8,40 \text{ g} \end{aligned}$$

2 body

4. Rovnice pyrolýzy jedlé sody<sup>7</sup>:  $2 \text{NaHCO}_3(\text{s}) \xrightarrow{150^\circ\text{C}} \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$

rovnice 1 bod

za úlohu celkem nejvýše 10 bodů

<sup>7</sup> Ve skutečnosti se u kypřicího prášku nejedná o pouhou pyrolýzu  $\text{NaHCO}_3$ , ale také o reakci s kyselinami, ať již obsaženými v kypřicím prášku, nebo v těstu.

# POKYNY PRO PŘÍPRAVU PRAKTICKÉ ČÁSTI

## Úloha 1 Gazometrické stanovení hmotnostního zlomku $\text{H}_2\text{O}_2$

### Vzorek

Jako vzorek lze použít lékařský 3% roztok peroxidu vodíku zakoupený v lékárně, nebo lze vzorek připravit zředěním 30% peroxidu vodíku na 3 % (na 1 objemový díl 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  9 dílů destilované vody).

### Postup

Před realizací studenty je třeba experiment vyzkoušet ze dvou důvodů:

1. Ověřit, že vzorek má vhodnou koncentraci a při rozkladu 3 až 4 ml vzorku se uvolní optimálních cca 70 – 80 ml kyslíku.
2. Je potřeba provést stanovení podle návodu alespoň 5× za stejných podmínek (teplota, tlak, vybavení), za jakých budou pracovat studenti a získanou průměrnou hodnotu vzít jako správnou, podle které budou studenti hodnoceni. Výsledky stanovení jsou dobře reprodukovatelné, při praktické recenzi byla směrodatná odchylka pro 5 resp. 7 měření spolehlivě pod 1 %, studenti by při pečlivém provedení neměli mít problém této odchylky dosáhnout.

## **CHEMICKÁ OLYMPIÁDA**

Soutěžní úlohy studijní a praktické části a Autorská řešení soutěžních úloh kategorie C  
49. ročník – 2012/2013

---

<b>Vydala:</b>	Vysoká škola chemicko-technologické v Praze, Vydavatelství VŠCHT Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6
<b>Autoři kategorie C:</b>	RNDr. Petr Holzhauser, Ph.D. Bc. Jan Dundálek Bc. Jiří Vrána Bc. Michal Maryška Bc. Marek Lanč
<b>Odborná recenze:</b>	RNDr. Bohuslav Drahoš, Ph.D.
<b>Pedagogická recenze:</b>	Mgr. Jiřina Mundlová
<b>Redakce:</b>	RNDr. Zuzana Kotková
<b>Rok vydání:</b>	2012
<b>Počet stran:</b>	35
<b>Náklad:</b>	50 ks