

# **CHEMICKÁ OLYMPIÁDA**

**58. ročník, školský rok 2021/2022**

**Kategória C**

**Domáce kolo**

**RIEŠENIE A HODNOTENIE  
PRAKTICKÝCH ÚLOH**

## RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH PRAKTICKEJ ČASTI

Chemická olympiáda – kategória C – 58. ročník – šk. rok 2021/2022

### Domáce kolo

Mária Linkešová

Maximálne 40 bodov
--------------------

### Úloha 1 (5,6 b)

Doplnené chýbajúce výrazy sú vytlačené hrubým písmom. Za každý správne doplnený **pojem** prideliť 0,2 b.

Podľa Brønstedovej teórie je **kyselina** (K) látka, ktorá odštepuje protón:

$K_1 \rightleftharpoons Z_1 + H^+$ , **zásada** (Z) je látka, ktorá prijíma protón:  $Z_2 + H^+ \rightleftharpoons K_2$ . Reakcie, pri ktorých nastáva výmena protónu medzi kyselinou a zásadou, sa nazývajú **protolytické**.

Každá kyselina je spriahnutá (konjugovaná) so zodpovedajúcou zásadou, s ktorou tvorí tzv. konjugovaný pár. Funkcia kyseliny alebo zásady sa môže prejaviť až po spojení dvoch konjugovaných párov, ktoré súborne dávajú celkovú protolytickú reakciu:  $K_1 + Z_2 \rightleftharpoons Z_1 + K_2$ . Reakciou kyseliny so zásadou sa tvorí nový pár **kyseliny** a **zásady**, ktorý potom určuje výslednú vlastnosť roztoku (kyslosť, zásaditosť).

Podľa Brønstedovej teórie kyslosť alebo zásaditosť látky závisí od prostredia, v ktorom sa daná látka nachádza. V jednom prostredí sa môže látka správať ako kyselina, v inom ako zásada. Takéto látky sa nazývajú **amfotérne**.

Protolytická reakcia, pri ktorej molekula kyseliny alebo zásady reaguje s molekulou rozpúšťadla, sa nazýva **disociačná** reakcia (alebo aj disociácia). Keďže pri tejto reakcii vznikajú ióny, používa sa pre ňu aj pomenovanie **ionizácia**.

Nie všetky kyseliny alebo zásady reagujú s molekulami rozpúšťadla rovnako intenzívne. Podľa schopnosti kyseliny **odštepovať** protóny sa určuje sila kyseliny, podľa schopnosti zásady **prijímať** protóny sa určuje sila zásady.

Najčastejšie používaným rozpúšťadlom v anorganickej chémii je voda, preto aj sila kyselín a zásad sa udáva vzhľadom na vodu. Podľa toho, do akej miery prebehne

reakcia kyseliny alebo zásady s vodou ako rozpúšťadlom, rozoznávame **silné** a **slabé** kyseliny a zásady. Silné kyseliny uvoľňujú protóny veľmi ľahko, sú disociované takmer **úplne**; podobne sú disociované aj silné zásady. Slabé kyseliny aj zásady ionizujú iba **čiastočne**. Sila kyselín a zásad sa vyjadruje pomocou **disociačných konštant**  $K_a$  a  $K_b$ . Čím je kyselina, resp. zásada slabšia, tým je hodnota jej disociačnej konštanty **menšia**.

Vzájomná reakcia kyseliny a zásady sa nazýva **neutralizačná** reakcia. Vzniká pri tom systém opačne nabitých a navzájom sa elektricky neutralizujúcich iónov nazývaný **soľ** a súčasne reakciou **oxóniového** katiónu a **hydroxidového** aniónu vzniká voda:  $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$ .

Hoci je soľ produktom uvedenej reakcie, jej roztok nemusí byť vždy neutrálny. Je to spôsobené tým, že soli slabých kyselín a zásad podliehajú vo vodnom roztoku protolytickej reakcii nazývanej **hydrolyza**. Je to protolytická reakcia iónov rozpustenej soli s vodou za vzniku **hydroxidových** alebo **oxóniových** iónov, ktoré spôsobujú zásaditú alebo kyslú reakciu roztoku.

Ak je v roztoku soľ silnej kyseliny a slabej zásady (napr.  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), ióny pochádzajúce zo slabej zásady reagujú s molekulami vody:  $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$ . Vznikajúce **oxóniové** ióny spôsobujú **kyslú** reakciu roztoku.

Ak je v roztoku soľ slabej kyseliny a silnej zásady (napr. KCN), ióny pochádzajúce zo slabej kyseliny reagujú s molekulami vody:  $\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCN} + \text{OH}^-$ . Vznikajúce **hydroxidové** ióny spôsobujú **zásaditú** reakciu roztoku.

Ak je v roztoku soľ slabej kyseliny a slabej zásady (napr.  $\text{NH}_4\text{CN}$ ), obidva ióny reagujú s molekulami vody. Vznikajúce oxóniové a hydroxidové ióny sa navzájom sčasti **neutralizujú** a výsledná reakcia roztoku je slabo kyslá alebo slabo zásaditá, v závislosti od hodnôt ich disociačných konštant.

## Úloha 2 (25,6 b)

### 2.1

$$m(3,0\% \text{ NH}_4\text{Cl}) = 100 \text{ g}$$

$$w(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,030$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = ?$$

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = ?$$

$$\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1,00 \text{ g cm}^{-3}$$

$$0,4 \text{ b} \quad m(\text{NH}_4\text{Cl}) = w(\text{NH}_4\text{Cl}) \cdot m(3\% \text{ NH}_4\text{Cl}) = 0,0300 \cdot 100 \text{ g} = \mathbf{3,00 \text{ g NH}_4\text{Cl}}$$

$$0,4 \text{ b} \quad m(\text{H}_2\text{O}) = m(3\% \text{ NH}_4\text{Cl}) - m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 100 \text{ g} - 3,00 \text{ g} = 97,0 \text{ g H}_2\text{O}$$

0,4 b 
$$V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{\rho(\text{H}_2\text{O})} = \frac{97,0 \text{ g}}{1,00 \text{ g cm}^{-3}} = \mathbf{97,0 \text{ cm}^3}$$

2,0 b príprava roztoku

## 2.2

$$V(1,00 \text{ mol dm}^{-3} \text{ NaCl}) = 100 \text{ cm}^3 = 0,100 \text{ dm}^3$$

$$M(\text{NaCl}) = 58,44 \text{ g mol}^{-1} \qquad c(\text{NaCl}) = 1,00 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$m(\text{NaCl}) = ?$$

0,4 b 
$$n(\text{NaCl}) = c(\text{NaCl}) \cdot V(1,00 \text{ mol dm}^{-3} \text{ NaCl}) =$$
  
$$= 1,00 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,100 \text{ dm}^3 = 0,100 \text{ mol}$$

0,4 b 
$$m(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl}) \cdot M(\text{NaCl}) = 0,100 \text{ mol} \cdot 58,44 \text{ g mol}^{-1} =$$
  
$$= \mathbf{5,844 \text{ g NaCl}}$$

2,0 b príprava roztoku

## 2.3

$$c(\text{HCl}) = 0,100 \text{ mol dm}^{-3} \qquad M(\text{HCl}) = 36,46 \text{ g mol}^{-1}$$

$$V(0,100 \text{ mol dm}^{-3} \text{ HCl}) = 250 \text{ cm}^3 = 0,250 \text{ dm}^3$$

$$w(\text{HCl}) = 0,350 \qquad \rho(35,0 \% \text{ HCl}) = 1,174 \text{ g cm}^{-3}$$

$$V(35,0 \% \text{ HCl}) = ?$$

0,4 b 
$$n(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V(0,100 \text{ mol dm}^{-3} \text{ HCl}) =$$
  
$$= 0,100 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,250 \text{ dm}^3 = 0,0250 \text{ mol}$$

0,4 b 
$$m(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl}) = 0,0250 \text{ mol} \cdot 36,46 \text{ g mol}^{-1} = 0,9115 \text{ g}$$

0,4 b 
$$m(35,0 \% \text{ HCl}) = \frac{n(\text{HCl})}{w(\text{HCl})} = \frac{0,9115 \text{ g}}{0,350} = 2,604 \text{ g}$$

0,4 b 
$$V(35,0 \% \text{ HCl}) = \frac{m(35 \% \text{ HCl})}{\rho(35 \% \text{ HCl})} = \frac{2,604 \text{ g}}{1,1740 \text{ g cm}^{-3}} = \mathbf{2,22 \text{ cm}^3 \text{ 35,0 \% HCl}}$$

2,0 b príprava roztoku

*Poznámka k riešeniu úloh 2.1 – 2.3:*

Akceptovateľný je akékoľvek iný postup riešenia, ktorý vedie k správnejmu výsledku.

## 2.4

Za každý správny údaj v tabuľke 0,2 b, celkovo 12,8 b.

Tabuľka: Sfarbenie acidobázických indikátorov v roztokoch rôznych látok

roztok	HCl	CH <sub>3</sub> COOH	NH <sub>4</sub> Cl	NaCl	H <sub>2</sub> O	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaOH
indikátor								
fenolftaleín	bezfarebný	bezfarebný	bezfarebný	bezfarebný	bezfarebný	ružový	ružovo-fialový	ružovo-fialový
lakmus	červený	červený	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	modrý	modrý	modrý
metylová červená	červený	červený	červený	oranžový	oranžový	oranžový	oranžový	oranžový
metylová oranžová	oranžový	oranžový	žltoranžový	žltoranžový	žltoranžový	žltý	žltý	žltý
kapustový výluh	ružový	ružový	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	modrozelený	zelený	zelený
univerzálny indikátor	červený	bledo-oranžový	žltý	žltozelený	žltozelený	tmavozelený	modrozelený	modrý
pH	1	3 – 4	5	6 – 7	6 – 7	8	10	12
vlastnosť roztoku	kyslý	kyslý	kyslý	neutrálny	neutrálny	zásaditý	zásaditý	zásaditý

## 2.5

Odpovede na otázky:

- 0,2 b a) Zmena sfarbenia roztoku.
- 0,2 b b) Disociácia molekuly indikátora; alebo: Vzájomná premena nedisociovej a disociovej formy indikátora.
- 0,4 b c) Vo vode sa rozpúšťajú plyny zo vzduchu. Slabo kyslú reakciu destilovanej vody spôsobuje predovšetkým rozpustený oxid uhličitý, ktorý reaguje s vodou za vzniku oxóniových katiónov:  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCO}_3^-$ . Varom sa plyny z vody vypudia.
- 0,2 b d) Antokyaníny
- 0,2 b e) Hydrolýza
- 0,4 b f) pre NH<sub>4</sub>Cl:  $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$   
pre Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>:  $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$
- 1,0 b g) hydrolýza:  $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$   
hydrolýza:  $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$   
neutralizácia:  $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}$
- 0,6 b h) Disociačná konštanta kyseliny uhličitej je menšia ako disociačná konštanta amoniaku, to znamená, že pri hydrolýze aniónu CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> vzniká

viac hydroxidových aniónov ako vzniká oxóniových katiónov pri hydrolyze katiónu  $\text{NH}_4^+$ , t. j.  $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}_3\text{O}^+)$ . Preto je výsledná reakcia roztoku slabo zásaditá.

### Úloha 3 (2,8 b)

$$V(5,0 \% \text{H}_3\text{PO}_4) = 150 \text{ cm}^3$$

$$w(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,050$$

$$\rho(5,0 \% \text{H}_3\text{PO}_4) = 1,0254 \text{ g cm}^{-3}$$

$$M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 97,995 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{KOH}) = 56,109 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m(\text{KOH}) = ?$$



0,4 b  $m(5,0 \% \text{H}_3\text{PO}_4) = \rho(5,0 \% \text{H}_3\text{PO}_4) \cdot V(5,0 \% \text{H}_3\text{PO}_4) =$   
 $= 1,0254 \text{ g cm}^{-3} \cdot 150 \text{ cm}^3 = 153,8 \text{ g}$

0,4 b  $m(\text{H}_3\text{PO}_4) = m(5,0 \% \text{H}_3\text{PO}_4) \cdot w(\text{H}_3\text{PO}_4) =$   
 $= 153,8 \text{ g} \cdot 0,050 = 7,691 \text{ g}$

0,4 b  $n(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4)}{M(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{7,691 \text{ g}}{97,995 \text{ g mol}^{-1}} = 0,07848 \text{ mol}$

0,8 b  $\frac{n(\text{KOH})}{n(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{3}{1} \Rightarrow$

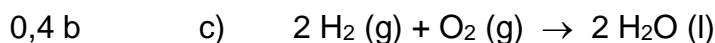
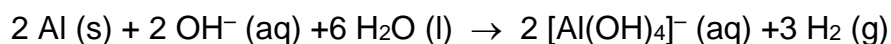
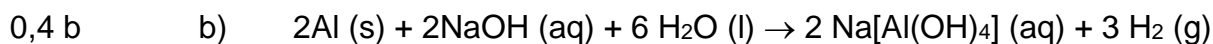
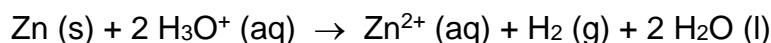
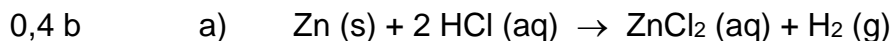
$$\Rightarrow n(\text{KOH}) = 3 \cdot n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 3 \cdot 0,07848 \text{ mol} = 0,2354 \text{ mol}$$

0,4 b  $m(\text{KOH}) = n(\text{KOH}) \cdot M(\text{KOH}) = 0,2354 \text{ mol} \cdot 56,109 \text{ g mol}^{-1} = 13,2 \text{ g}$

### Úloha 4 (8,0 b)

#### 4.1

3 b realizácia pokusov



#### 4.2

3 b realizácia pokusov

0,2 b a) Sfarbenie roztoku sa nezmenilo. Nenastala chemická premena.  
 Plynný – molekulový vodík  $\text{H}_2$  pri laboratórnej teplote nereaguje.

- 0,3 b      b)      Roztok manganistanu draselného sa odfarbil.  
Nastala chemická premena – prebehli dve chemické reakcie:  
zinok reagoval s roztokom kyseliny sírovej za vzniku vodíka,  
ktorý ihneď po svojom vzniku, skôr ako vytvoril dvojatómovú  
molekulu, reagoval s manganistanom draselným. Atómový vodík  
(„v stave zrodu“) je veľmi reaktívny aj pri laboratórnej teplote.
- 0,1 b      c)       $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{H} + \text{ZnSO}_4$
- 0,3 b                       $2 \text{KMnO}_4 + 10 \text{H} + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8 \text{H}_2\text{O}$
- 0,1 b      d)      Vodík bol redukovadlom.

### Reaktanty:

Kyselina chlorovodíková (koncentrovaná, zriedená 1 : 1, roztok  $c(\text{HCl}) = 0,100 \text{ mol dm}^{-3}$ ), kyselina octová ( $w(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,030$ ), chlorid amónny (tuhý a roztok  $w(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,030$ ), chlorid sodný (tuhý a roztok  $c(\text{NaCl}) = 1,00 \text{ mol dm}^{-3}$ ), uhličitan sodný ( $w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,030$ ), uhličitan amónny ( $w((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 0,030$ ), hydroxid sodný ( $w(\text{NaOH}) = 0,050$ ), roztok manganistanu draselného ( $c(\text{KMnO}_4) = 0,02 \text{ mol dm}^{-3}$ ), roztok kyseliny sírovej ( $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,05$ ), granulovaný zinok, práškový hliník (môže byť aj hliníkový drôt, pliešok, príp. stružliny), destilovaná voda, univerzálny indikátorový papierik, lakmusový indikátorový papierik (neutrálny), roztoky indikátorov: fenolftaleín, metylová červená, metylová oranžová, výluh z červenej kapusty.

Príprava roztokov kyseliny chlorovodíkovej  $c(\text{HCl}) = 0,100 \text{ mol dm}^{-3}$ , chloridu amónneho  $w(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,030$  a chloridu sodného  $c(\text{NaCl}) = 1,00 \text{ mol dm}^{-3}$  je uvedená v autorskom riešení úlohy 2.

### Príprava ďalších roztokov:

kyselina octová  $w(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,030$ : 3 g (2,9 cm<sup>3</sup>) ľadovej kyseliny octovej ( $w = 1,00$ ) a 97 cm<sup>3</sup> destilovanej vody

kyselina sírová  $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,05$ : 3 cm<sup>3</sup> koncentrovanej  $\text{H}_2\text{SO}_4$  do 95 cm<sup>3</sup> destilovanej vody

uhličitan sodný  $w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,030$ : 3 g tuhého uhličitanu sodného a 97 cm<sup>3</sup> destilovanej vody

uhličitan amónny  $w((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 0,030$ : 3 g tuhého uhličitanu amónneho a 97 cm<sup>3</sup> destilovanej vody

hydroxid sodný  $w(\text{NaOH}) = 0,050$ : 5,5 g tuhého hydroxidu sodného a 94,5 cm<sup>3</sup> destilovanej vody

manganistan draselný  $c(\text{KMnO}_4) = 0,02 \text{ mol dm}^{-3}$ : 0,3 g tuhého  $\text{KMnO}_4$  rozpustiť v malom množstve destilovanej vody a doplniť do 100 cm<sup>3</sup>

### Príprava indikátorov:

výluh z červenej kapusty: jeden list červenej kapusty nakrájať na kúsky, zaliať studenou vodou a nechať extrahovať 12 hodín alebo zaliať vriacou vodou a nechať vychladnúť; pripravený výluh zliať a uskladňovať v chladničke

fenolftaleín: 1 g tuhého indikátora rozpustiť v 1 dm<sup>3</sup> etanolu ( $w = 0,60$ )

metylová červená: 2 g tuhého indikátora rozpustiť v 1 dm<sup>3</sup> etanolu ( $w = 0,60$ )

metylová oranžová: 1 g tuhého indikátora rozpustiť v 1 dm<sup>3</sup> destilovanej vody



Roztoky chloridu sodného, chloridu amónneho a kyseliny chlorovodíkovej pripraví študenti na základe vypočítaných množstiev, čím si nacvičia správne postupy pri príprave roztokov. Ostané roztoky pripraví učiteľ; ak to podmienky školy dovoľia, môžu ich tiež pripraviť žiaci (vrátane výpočtov).

Zo zoznamu uvedených indikátorov je nevyhnutné použiť lakmus, fenolftaleín, univerzálny indikátor a výluh z červenej kapusty, ďalšie indikátory sa môžu nahradiť inými acidobázickými indikátormi v ľubovoľnom počte, podľa možností školy.

Lakmusový indikátorový papierik je najvhodnejší neutrálny, ak nie je k dispozícii, môže sa použiť modrý, resp. červený.

### **Informácie o vetách H a P pre použité reaktanty**

(podľa Nariadenia (ES) č. 1907/2006 (REACH), upravené 2015/830/EU)

$\text{NH}_4\text{Cl}$ : H302, H319; P305 + P351 + P338

HCl (35 %): H290, H314 ( $w > 0,25$ ), H315 ( $0,10 \leq w < 0,25$ ), H318 ( $w > 0,25$ ), H335 ( $w > 0,10$ ); P280 (žiaci budú pracovať s roztokom HCl s  $c = 0,100 \text{ mol dm}^{-3}$ )

$\text{H}_2\text{SO}_4$  (95 – 98 %): H290, H314; P280 (žiaci budú pracovať s roztokom  $\text{H}_2\text{SO}_4$  s  $w = 0,05$ )

$\text{CH}_3\text{COOH}$ : H226, H314, P210, P280, P230, P301+P330+P353, P303+P361+P353, P305+P351+P338

$\text{Na}_2\text{CO}_3$ : H319; P305+P351+P338, P337+P313

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ : H302, H315, H318, P270, P280, P310, P305+P351+P338

NaOH: H290, H314, 338; P233, P280, P310, P303+P361+P353, P305+P351+P338

$\text{KMnO}_4$  (0,02 – 0,10  $\text{mol dm}^{-3}$ ): H315, H319, H411; P273, P280, P302+P352, P305+P351+P338

fenolftaleín: H341, H350, H361f, P201, P280, P308+P313

metylová červeň: H225, H319, P210, P280, P305+P351+P338, P337+P313

NaCl, zinok, hliník, metylová oranžová: nemajú žiadne vety H a P