

SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

53. ročník, školský rok 2016/2017

Kategória C

Domáce kolo

PRAKTICKÉ ÚLOHY

ÚLOHY PRAKTICKEJ ČASTI

Chemická olympiáda – kategória C – 53. ročník – školský rok 2016/2017

Domáce kolo

Mária Linkešová

Maximálne 40 bodov

Úvod

V príprave na riešenie úloh praktickej časti bude potrebné, podobne ako v teoretickej časti, preštudovať si z dostupných učebníc anorganickej chémie tie kapitoly, ktoré sa venujú s-prvkom, čiže prvkom 1. a 2. skupiny periodickej sústavy prvkov. Okrem toho je potrebné poznať názvoslovie anorganických zlúčenín a nasledujúce pojmy: chemická reakcia, rovnica chemickej reakcie, stechiometrický koeficient, látkové množstvo, molárna hmotnosť, normálny molárny objem. Pre úspešné riešenie praktických úloh budete tiež potrebovať ovládať určovanie stechiometrických koeficientov chemických rovníc, výpočty zloženia roztokov (hmotnostný zlomok, koncentrácia látkového množstva) a výpočty z chemickej rovnice.

Pri realizácii praktických úloh budete potrebovať praktické zručnosti pri základných laboratórnych operáciách a manipulácii so základnými laboratórnymi pomôckami.

Pri príprave na riešenie súťažných úloh môžete využiť príslušné kapitoly ľubovoľnej učebnice pre 1. a 2. ročník štvorročných gymnázií, resp. ekvivalentný ročník osemročných gymnázií, pričom si môžete doplniť vedomosti štúdiom niektorej dostupnej vysokoškolskej učebnice všeobecnej a anorganickej chémie. Viaceré vlastnosti skúmaných anorganických zlúčenín nájdete v chemických tabuľkách.

Odporúčaná literatúra

1. KMEŤOVÁ, J. a kol. *Chémia pre 1. ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 5. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. Bratislava : EXPOL PEDAGOGIKA, 2010. s. 14 – 40.
2. KMEŤOVÁ, J. a kol. *Chémia pre 2. ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 6. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. Bratislava : EXPOL PEDAGOGIKA, 2012. s. 18 – 22.

3. GAŽO, J. a kol. *Všeobecná a anorganická chémia*. Bratislava : Alfa, Praha : SNTL, 1981. s. 181 – 182, 201 – 204, 494 – 522.
4. ŠIMA, J. a kol. *Anorganická chémia*. Bratislava : STU, 2009. s. 110 – 111, 152 – 183.
5. KANDRÁČ, J., SIROTA, A. *Výpočty v stredoškolskej chémii*. Bratislava : SPN, 1995. s. 30 – 46, 58 – 79, 95 – 141.
6. ULICKÁ, Ľ., ULICKÝ, L. *Príklady zo všeobecnej a anorganickej chémie*. Bratislava : Alfa, Praha : SNTL, 1987. s. 34 – 36, 66 – 93.
7. *Chemické tabuľky* – ľubovoľné vydanie.

Úloha 1 (21,39 b)

TVRDOSŤ VODY

Prírodná voda, ako aj voda z vodovodu, nie je chemicky čistá látka. Obsahuje rozpustené mnohé látky, ktoré sú v roztoku prítomné vo forme iónov. Medzi katiónmi sa nachádzajú napr. Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Al^{3+} , medzi aniónmi HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , SiO_3^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^- . Celkový obsah katiónov Ca^{2+} a Mg^{2+} tvorí tzv. tvrdosť vody. Tvrdosť vody sa udáva v mmol dm^{-3} alebo v mg dm^{-3} týchto katiónov. V minulosti sa používalo vyjadrovanie tvrdosti vody v miligramoch oxidu vápenatého na liter vody, čiže v tzv. nemeckých stupňoch ($1^\circ\text{N} = 10 \text{ mg CaO/l}$). Rozlišujeme uhličitanovú (karbonátovú) a neuhličitanovú (nekarbonátovú) tvrdosť vody. Uhličitanová tvrdosť vody (predtým označovaná ako prechodná, čo bolo odvodené z toho, že sa dá odstrániť varom) je tvorená rozpustnými hydrogen-uhličitanmi vápenatým a horečnatým. Neuhličitanová tvrdosť vody (pôvodne označovaná ako stála, pretože sa varom nedá odstrániť) je tvorená chloridmi, síranmi, dusičnanmi a kremičitanmi vápenatými a horečnatými. Súčet uhličitanovej a neuhličitanovej tvrdosti je celková tvrdosť vody.

Tvrdá voda je vhodná na pitie, pretože rozpustené vápenaté a horečnaté katióny sú prospešné nášmu organizmu a okrem toho dodávajú vode príjemnú osviežujúcu chuť. Nie je však vhodná na pranie mydlom, napájanie parných kotlov a pre niektoré priemyselné a potravinárske výroby. Predovšetkým uhličitanová, ale aj neuhličitanová tvrdosť spôsobuje po zohriatí vody usadzovanie tzv. vodného kameňa na stenách nádoby, následkom čoho sa zanášajú vodovodné rúrky, čo sťažuje prechod tepla pri ohrievaní alebo chladení roztokov v kotloch. V tvrdej vode sa nedá

umývať a prať mydlom, pretože mydlo vytvára s kationmi Ca^{2+} a Mg^{2+} nerozpustné soli (zrazeniny). Preto pri technickom využívaní vody treba jej tvrdosť odstraňovať.

Odstraňovanie kationov Ca^{2+} a Mg^{2+} , čiže iónov, ktoré sú nositeľmi tvrdosti vody, sa nazýva zmäkčovanie vody. Na odstraňovanie uhličitanovej tvrdosti, tzv. dekarbonizáciu, sa používa tepelné zmäkčovanie (varom), pri ktorom po zohriatí na teplotu $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ sa hydrogenuhličitanové anióny rozkladajú a vznikajú uhličitanové anióny, ktoré tvoria s kationmi Ca^{2+} a Mg^{2+} nerozpustné soli. Na odstránenie uhličitanovej tvrdosti vody spoločne s neuhličitanovou (teda celkovej tvrdosti vody) sa používa zmäkčovanie zrážaním. Ako zrážadlo sa používa napr. roztok uhličitanu sodného Na_2CO_3 (nazývaného sóda). Nerozpustné uhličitanové alebo hydroxidy vápenaté, resp. horečnaté, vznikajúce pri oboch spôsoboch, sa z roztoku vyzrážajú a ostatné ióny už vodný kameň nevytvárajú. Vzniknuté zrazeniny sa z vody odstránia filtráciou.

1.1 Napíšte rovnice chemických reakcií vyjadrujúce odstraňovanie karbonátovej tvrdosti vody.

1.2 Napíšte rovnice chemických reakcií vyjadrujúce odstraňovanie nekarbonátovej tvrdosti vody zrážaním uhličitanom sodným.

Experimentálna časť č. 1

Pomôcky:

7 kadičiek (100 cm^3), 7 rovnakých skúmaviek v stojane, zátky na skúmavky, odmerný valec (5 alebo 10 cm^3), pipeta, ktorou sa dá odmerať objem 1 cm^3 , lyžička, sklená tyčinka, plynový kahan, zápalky alebo zapaľovač, príp. elektrický varič, filtračný papier, stojan, filtračný kruh, striekačka na destilovanú vodu, kuchynské strúhadlo, pravítko, indikátorové papieriky na meranie tvrdosti vody.

Reaktanty:

Dihydrát síranu vápenatého $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{ H}_2\text{O}$, uhličitan sodný Na_2CO_3 , pitná voda, minerálka, destilovaná voda, mydlo.

Pracovní postup:

Príprava roztoku mydla

Mydlo postrúhajte na kuchynskom strúhadle. Do 50 cm³ destilovanej vody zohriatej asi na 50 °C pridajte jednu lyžičku nastrúhaného mydla a pomaly miešajte, kým sa nerozpustí. (Pozor! Nemiešajte prudko, aby roztok nevytvoril penu.) Ak by počas ďalšej práce roztok zhustol (nadobudol gélovú konzistenciu), trochu ho zohrejte a premiešajte, aby sa mydlo opäť rozpustilo.

Príprava vzoriek vody s rozličnou tvrdosťou

Vzorka č. 1 – nasýtený roztok síranu vápenatého. Do kadičky s objemom 100 cm³ nalejte 50 cm³ destilovanej vody, pridajte lyžičkou malé množstvo dihydrátu síranu vápenatého (asi 0,25 g), chvíľu miešajte a prefiltrujte cez skladaný filter do čistej suchej kadičky.

Vzorka č. 2 – minerálka. Do kadičky s objemom 100 cm³ nalejte 50 cm³ minerálky. Na etikete fľaše zistíte obsah katiónov Ca²⁺ a Mg²⁺.

Vzorka č. 3 – prevarená minerálka. Do kadičky s objemom 100 cm³ nalejte 50 cm³ minerálky. Vodu povarte asi 2 – 3 min, nechajte vychladnúť a prefiltrujte cez skladaný filter do čistej suchej kadičky. (Poznámka: Tvrdosť vody nebudete zisťovať, pretože množstvo iónov Ca²⁺ a Mg²⁺ je obvykle vyššie, ako je horná hranica kapacity merania indikátorového papierika.)

Vzorka č. 4 – pitná voda. Do kadičky s objemom 100 cm³ nalejte 50 cm³ pitnej vody z vodovodu. Indikátorovým papierikom zistíte jej tvrdosť (postupujte podľa priloženého návodu) a určte, či je u vás pitná voda tvrdá alebo mäkká.

Vzorka č. 5 – pitná voda bez uhličitanovej tvrdosti. Do kadičky s objemom 100 cm³ nalejte 50 cm³ pitnej vody z vodovodu. Vodu povarte asi 2 – 3 min, nechajte vychladnúť a prefiltrujte cez skladaný filter do čistej suchej kadičky. Indikátorovým papierikom zistíte jej tvrdosť.

Vzorka č. 6 – pitná voda zmäkčená pomocou uhličitanu sodného. Do kadičky s objemom 100 cm³ nalejte 50 cm³ pitnej vody z vodovodu. Pridajte malé množstvo uhličitanu sodného (asi „na špičku noža“), zamiešajte, nechajte asi 5 min stáť a prefiltrujte cez skladaný filter do čistej suchej kadičky. Indikátorovým papierikom zistíte jej tvrdosť.

Vzorka č. 7 – destilovaná voda. Do kadičky s objemom 100 cm³ nalejte 50 cm³ destilovanej vody.

1.3 Ako sa menila tvrdosť pitnej vody po jej úprave prevarením a prídavkom uhličitanu sodného?

tvrdosť neupravenej pitnej vody:

tvrdosť pitnej vody upravenej varom:

tvrdosť pitnej vody upravenej prídavkom uhličitanu sodného:

Zrážavosť mydla vo vzorkách vody s rozličnou tvrdosťou

Do čistej skúmavky dajte 5 cm³ vzorky vody č. 1, pridajte 1 cm³ roztoku mydla a skúmavku zazátkujte. Obsah skúmavky opatrne premiešajte, tak, aby sa roztok nespénil. Pozorujte zmeny roztoku. Pokus zopakujte so všetkými vzorkami vody. Porovnajte vzhľad roztokov v jednotlivých skúmavkách. Pozorovanie zapíšte do tabuľky 1 (napr. slabý zákal, zrazenina a pod.).

1.4 Ako sa mení vzhľad roztoku mydla v jednotlivých vzorkách vody v závislosti od obsahu iónov spôsobujúcich tvrdosť vody?

Penivosť mydla vo vzorkách vody s rozličnou tvrdosťou

Intenzívne pretrepávajte obsah každej skúmavky počas 10 s, skúmavku postavte do stojana a po 10 s odmerajte pravítkom výšku peny. Nameranú hodnotu poznačte do tabuľky 1. Ako sa menila penivosť vody v jednotlivých vzorkách?

1.5 Ako sa menila penivosť roztoku mydla v jednotlivých vzorkách vody v závislosti od obsahu iónov spôsobujúcich tvrdosť vody?

1.6 Pre každú vzorku vody vypočítajte jej tvrdosť v jednotkách v mmol dm⁻³ a zapíšte do tabuľky 1. Pri prvej vzorke vychádzajte z rozpustnosti síranu vápenatého pri 20 °C (0,204 g CaSO₄ na 100 g roztoku), pri pitnej vode neupravenej aj upravenej vychádzajte z údajov zistených pomocou indikátorového papierika, pri neupravenej minerálke z obsahu iónov uvedených na etikete. Tvrdosť minerálky upravenej varom nezisťujete (predpokladá sa, že bude nižšia ako u neupravenej).

Tabuľka 1. Vlastnosti roztoku mydla vo vzorkách vody s rozličnou tvrdosťou.

č. vzorky	tvrdosť vody (v mmol m ⁻³)	vzhľad roztoku	penivosť roztoku (výška peny v cm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

Úloha 2 (6,76 b)

PLAMEŇOVÉ SKÚŠKY

Zlúčeniny s-prvkov sú biele kryštalické látky a ich roztoky sú bezfarebné (ak je niektorá soľ farebná, spôsobili to vlastnosti aniónu), preto sa dajú navzájom ťažko odlíšiť. Na ich identifikáciu slúžia tzv. plameňové skúšky, pri ktorých sa využíva schopnosť väčšiny kationov s-prvkov sfarbovať plameň. Toto sfarbenie je pre každý kation charakteristické.

Experimentálna časť č. 2

Pomôcky:

Skúmavky v stojane (6 kusov), plynový kahan, zápalky alebo zapaľovač, filtračný papier, nožnice.

Reaktanty:

Nasýtené vodné roztoky chloridu lítneho LiCl, chloridu sodného NaCl, chloridu draselného KCl, chloridu horečnatého MgCl₂, chloridu vápenatého CaCl₂ a chloridu strontnatého SrCl₂.

Pracovný postup:

Kúsok filtračného papiera rozmerov približne 10 cm x 5 cm stočte do tenkej rúrky. Koniec namočte do roztoku v skúmavke a vložte do plameňa. Pozorované sfarbenie plameňa zaznamenajte do tabuľky 2. Pokus zopakujte so všetkými roztokmi.

Tabuľka 2. Sfarbenie plameňa roztokmi katiónov niektorých s-prvkov.

katión	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Sr ²⁺
sfarbenie plameňa						

Úloha 3 (11,82 b)

VÝROBA HYDROXIDU SODNÉHO

Hydroxid sodný a draselný sa v súčasnosti vyrábajú elektrolýzou vodného roztoku chloridu sodného, resp. chloridu draselného. V minulosti sa vyrábali reakciou, pri ktorej sa pridával hydroxid vápenatý do roztoku uhličitanu sodného (tzv. sódy), resp. uhličitanu draselného (tzv. potaše), pričom vzniká príslušný hydroxid. Reakcia sa nazývala kaustifikácia sódy, resp. kaustifikácia potaše. Vznikala pri tom nerozpustná látka (zrazenina), ktorá sa odfiltrovala a vyrábaný hydroxid zostal rozpustený v roztoku.

3.1 Napíšte rovnicu chemickej reakcie vyjadrujúcu výrobu hydroxidu sodného kaustifikáciou sódy. Uvedte stechiometrický zápis a úplný aj skrátený iónový zápis.

3.2 Vypočítajte:

- Aká hmotnosť sódy je potrebná na výrobu 150 kg hydroxidu sodného?
- Aký objem vody je potrebný na prípravu roztoku uvedeného množstva hydroxidu sodného, aby sme získali roztok s $c(\text{NaOH}) = 3,00 \text{ mol dm}^{-3}$?
- Aký je hmotnostný zlomok tohto roztoku?

Hodnoty molárnych hmotností a hustôt potrebné pre výpočet vyhľadajte v chemických tabuľkách.

Autori: doc. Ing. Mária Linkešová, PhD.

Recenzenti: PaedDr. Dana Kucharová, PhD., Mgr. Lukáš Petra

Redakčná úprava: PaedDr. Anna Drozdíková, PhD. (vedúci autorského kolektívu)

Slovenská komisia Chemickej olympiády

Vydal: IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2016