

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

53. ročník, školský rok 2016/2017

Kategória B

Domáce kolo

RIEŠENIE A HODNOTENIE

TEORETICKÝCH A PRAKTICKÝCH ÚLOH

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH ZO VŠEOBECNEJ A ANORGANICKEJ CHÉMIE

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

Domáce kolo

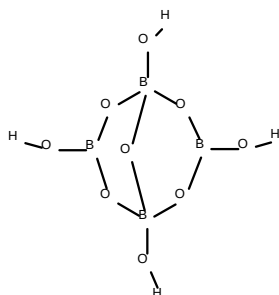
Juraj Bujdák

Maximálne 40 bodov (b)

Riešenie úlohy 1 (12 b)

2 b **a.** $B_2O_3 + 3Mg \rightarrow 2B + 3MgO$

3 b **b.** Štruktúra aniónu tetraboritanu tvoriaceho bórax:



1 b Anión má náboj 2-.

2 b **c.** $Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 8H_2O$

2 b **d.** Prvý typ tvoria dva atómy bóru, z ktorých každý vytvára 3 väzby: Dve väzby s atómami kyslíka a jednu s OH skupinou. Druhý typ tvoria dva atómy bóru, z ktorých každý vytvára 4 väzby: Tri s atómami kyslíka a jednu s OH skupinou. Atómy kyslíka spájajú dva atómy bóru.

2 b **e.** Vlastnosti Levisovej kyseliny môžu mať skupiny atómu bóru, z ktorých každý vytvára 3 väzby: BO_2OH . Trojväzbový bór tvorí tri väzby v ktorých sa podieľajú tri valenčné elektróny prvku. Jeden valenčný 2p orbitál trojväzbového atómu bóru je prázdny a prijatím elektrónového páru môže tvoriť väzbu s Lewisovou zásadou.

Riešenie úlohy 2 (14 b)

10 b **a.** $V(\text{suroviny}) = 6500 \text{ m} \cdot 1500 \text{ m} \cdot 50 \text{ m} = 4,875 \cdot 10^8 \text{ m}^3$

$m(\text{suroviny}) = \sigma(\text{suroviny}) \cdot V(\text{suroviny}) = 2 \text{ ton m}^{-3} \cdot 4,875 \cdot 10^8 \text{ m}^3$

$$m(\text{suroviny}) = 9,75 \cdot 10^8 \text{ ton}$$

$$m(\text{bórax}) = 0,5 m(\text{suroviny}) = 4,875 \cdot 10^8 \text{ ton}$$

$$m(\text{B}) = m(\text{bórax}) \cdot 4 A_r(\text{B}) / M_r(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$$

$$m(\text{B}) = 4,875 \cdot 10^8 \text{ ton} \cdot 4 \cdot 10,81 / 381,4 = 5,53 \cdot 10^7 \text{ ton}$$

Možno predpokladať obsah $5,53 \cdot 10^7$ ton bóru v surovine na nálezisku Rio Tinto.

4 b

b. $w(\text{B}) = 9 \text{ ppm} = 9 \cdot 10^{-6}$

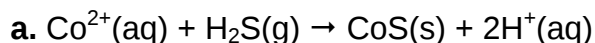
$$m(\text{z.k.}) = m(\text{B}) / w(\text{B}) = 5,53 \cdot 10^7 \text{ ton} / 9 \cdot 10^{-6} = 6,14 \cdot 10^{12} \text{ ton}$$

z.k. - zemská kôra

$6,14 \cdot 10^{12}$ ton zemskej kôry má v priemere porovnateľný obsah bóru, ako nálezisko Rio Tinto v Kalifornii.

Riešenie úlohy 3 (14 b)

2 b



2 b

$$w = m(\text{Co}) / (m(\text{CoS})) = A_r(\text{Co}) / (A_r(\text{Co}) + A_r(\text{S})) = 0,648$$

$$w(\%) = 64,8 \%$$

Sulfid kobaltnatý obsahuje 64,8 % kobaltu.

2 b

b. ióny prítomné v roztoku kobaltnej soli - $[\text{Co}^{\text{II}}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$

ióny vznikajúce oxidáciou sú kobaltité ióny - $[\text{Co}^{\text{III}}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$

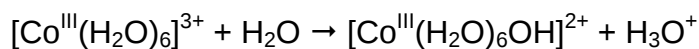
2 b

c. Kobalt v ióne $[\text{Co}^{\text{III}}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$, ktorý vzniká oxidáciou kobaltnej soli, vystupuje v oxidačnom čísle +III. Toto sa prejavuje oproti kobaltnej soli vyššou polarizáciou molekúl vody, ktoré sú naviazané ako ligandy na ión kobaltu. (Roztoky kobaltitých solí reagujú ako slabé kyseliny, pričom sa ligand molekuly vody mení na OH^-).

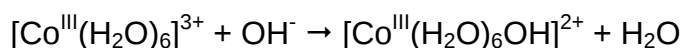
1 b

d. Pri zvýšení pH:

3 b



alebo:



2 b

e. Tetrachlorokobaltatanový anión.

Ión $[\text{CoCl}_4]^{2-}$ tvorí tetraéder.

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

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

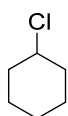
Domáce kolo

Martin Walko a Matej Žabka

Maximálne 20 bodov (b)

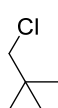
Riešenie úlohy 1 (3,0 b)

a)



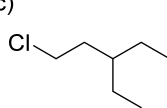
chlórkyklohexán

b)

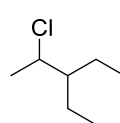


1-chlór-2,2-dimetylpropán

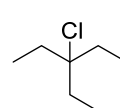
c)



3-etyl-1-chlórpropán



3-etyl-2-chlórpropán

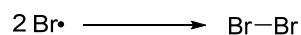
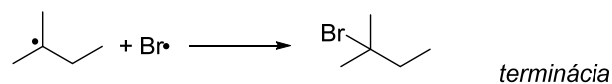
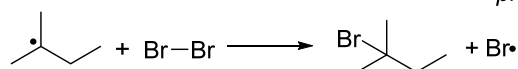
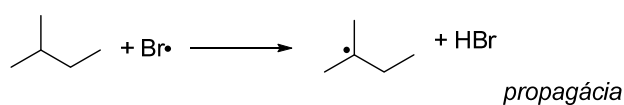
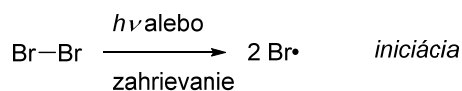
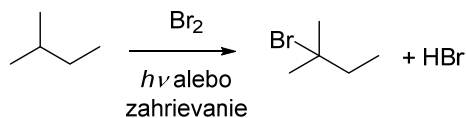


3-etyl-3-chlórpropán

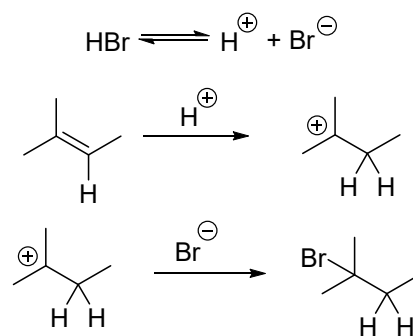
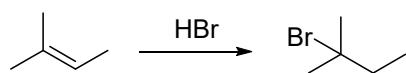
(za každý správny vzorec 0,3 b, ak je rovnaká zlúčenina uvedená duplicitne, vydeliť počet bodov za správnu štruktúru dvomi za každú duplicitnú štruktúru, za každý správny názov 0,3 b)

Riešenie úlohy 2 (3,4 b)

a)



b)

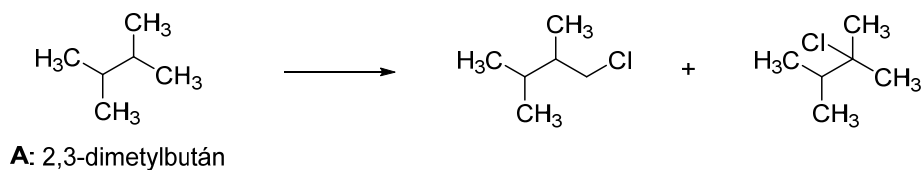
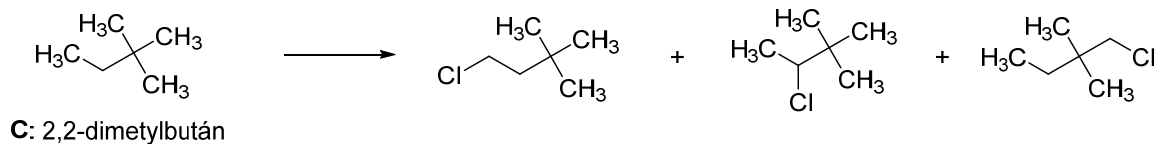
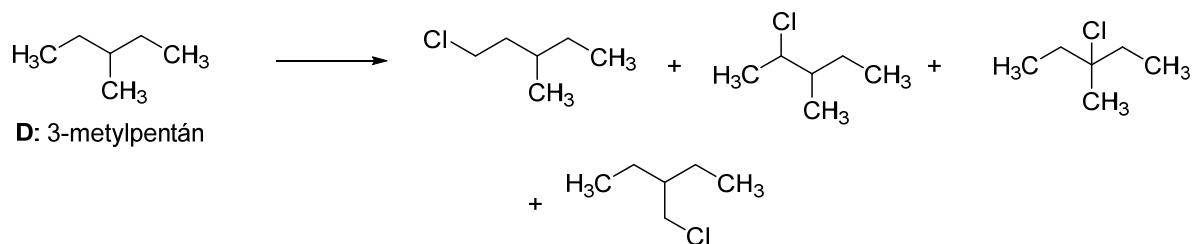
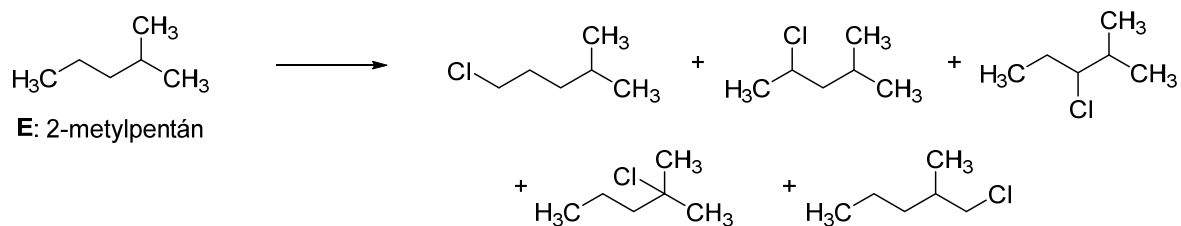
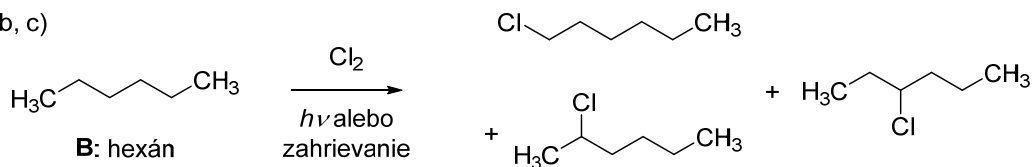


(za správne uvedené činidlá 2x 0,3 b, za každý správny krok mechanizmu 8x 0,35 b)

Riešenie úlohy 3 (6,6 b)

a) C_6H_{14}

b, c)



(sumárny vzorec 0,2 b, za každý správny izomér 5x 0,2 b, každý názov 5x 0,2 b, každý správny produkt 17x 0,2 b, priradenie 5x 0,2 b)

Riešenie úlohy 4 (2,0 b)

a) Zastúpenie produktov v zmesi by v tomto prípade záležalo iba na počte atómov vodíka na metylových skupinách a metylénovej skupine, t.j. 6:2 teda 75 % 1-chlórpropánu. (0,5 b)

b) Ak zoberieme do úvahy počet a relatívnu reaktivitu jednotlivých typov C-H väzieb:

$$\text{1-chlórpropán: } P_{\text{prim}} = R_{\text{prim}} \cdot N_{\text{prim}} = 1 \cdot 6 = 6 \quad (0,5 \text{ b})$$

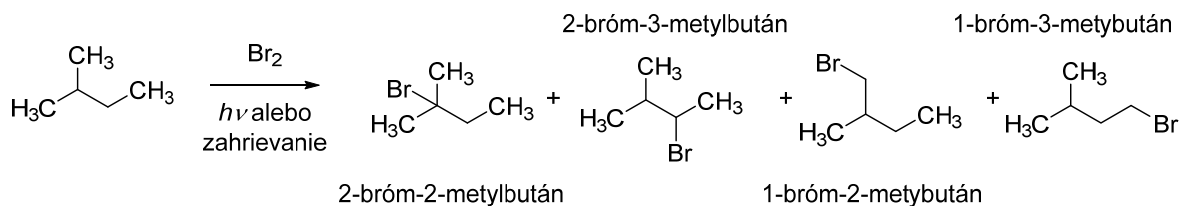
$$\text{2-chlórpropán: } P_{\text{sek}} = R_{\text{sek}} \cdot N_{\text{sek}} = 2 \cdot 3,6 = 7,2 \quad (0,5 \text{ b})$$

teda pomer 1-chlórpropánu a 2-chlórpropánu je 6:7,2, to je 45,5 % 1-chlórpropánu.

(0,5 b)

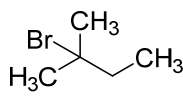
Riešenie úlohy 5 (5,0 b)

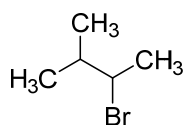
a)

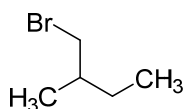


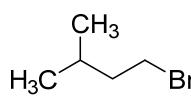
(za každý správny vzorec 0,3 b, za každý správny názov 0,2 b)

b)

 $P_{\text{terc}} = R_{\text{terc}} \cdot N_{\text{terc}} = 1600 \cdot 1 = 1600$
percentuálne zastúpenie: $1600 / (1600 + 160 + 6 + 3) = 1600 / 1769 = 90,5 \%$

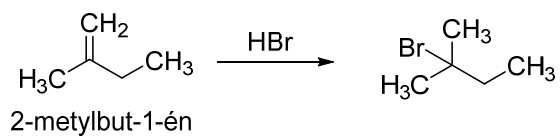
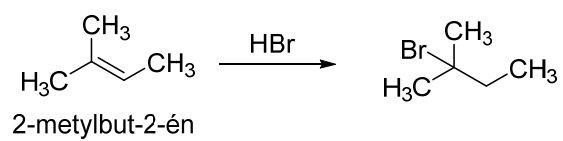
 $P_{\text{sek}} = 80 \cdot 2 = 160$
percentuálne zastúpenie: $160 / 1769 = 9,0 \%$

 $P_{\text{prim}} = 1 \cdot 6 = 6$
percentuálne zastúpenie: $6 / 1769 = 0,3 \%$

 $P_{\text{prim}} = 1 \cdot 3 = 3$
percentuálne zastúpenie: $3 / 1769 = 0,2 \%$

(za každý správny výpočet: podiel 0,3 b, percentuálne zastúpenie 0,2 b)

c)



(za každý správny vzorec alkénu 0,3 b, za každý názov 0,2 b)

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 53. ročník – školský rok 2016/17

Domáce kolo

Pavel Májek

Maximálne 40 bodov

Experimentálna úloha (28 b)

Príprava 100 dm^{-3} $0,05\text{ mol dm}^{-3}$ roztoku Na_2CO_3 :

hmotnosť štandardu Na_2CO_3 (s): $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = c \cdot V \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3)$

$$m_s = 0,05\text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,1\text{ dm}^3 \cdot 105,9884\text{ g mol}^{-1} = 0,5299\text{ g Na}_2\text{CO}_3$$

návažok: $0,5364\text{ g Na}_2\text{CO}_3$ sa rozpustil a doplnil na 100 cm^3 ,

$$\text{koncentrácia štandardu: } c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V_{\text{roztoku}}}$$

$$c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,5364\text{ g} / (105,9884\text{ g mol}^{-1} \cdot 0,1\text{ dm}^3) = 0,05061\text{ mol dm}^{-3}$$

Príprava 250 dm^{-3} $0,1\text{ mol dm}^{-3}$ roztoku HCl :

zásobný roztok HCl : $c = 1\text{ mol dm}^{-3}$

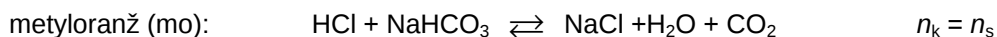
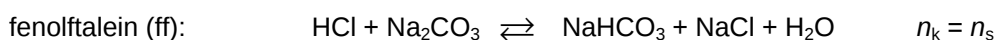
odmerný roztok: $250\text{ cm}^3\text{ HCl (k)}$ s $c = 0,1\text{ mol dm}^{-3}$:

$$\text{riedenie: } V_{\text{zásobný}} = 0,1\text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,25\text{ dm}^3 / 1\text{ mol dm}^{-3} = 25,0\text{ cm}^3$$

Štandardizácia roztoku HCl :

Experiment A

na štandardizáciu sa pipetovalo $20,0\text{ cm}^3$ štandardného roztoku Na_2CO_3 ,
jednotlivé reakcie pri štandardizácii:



priemerná spotreba HCl na ff: $\bar{V}_{\text{ff}} = 9,95\text{ cm}^3$

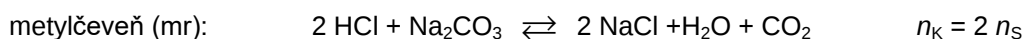
$$\bar{c}_{\text{HCl, ff}} = c_s \cdot V_s / \bar{V}_{\text{ff}} = 0,05061\text{ mol dm}^{-3} \cdot 20,0 \cdot 10^{-3}\text{ dm}^3 / 9,95 \cdot 10^{-3}\text{ dm}^3 = \mathbf{0,1017\text{ mol dm}^{-3}}$$

priemerná spotreba HCl na mo: $\bar{V}_{\text{mo}} = 9,9\text{ cm}^3$

$$\bar{c}_{\text{HCl, mo}} = c_s \cdot V_s / \bar{V}_{\text{mo}} = 0,05061\text{ mol dm}^{-3} \cdot 20,0 \cdot 10^{-3}\text{ dm}^3 / 9,9 \cdot 10^{-3}\text{ dm}^3 = \mathbf{0,1022\text{ mol dm}^{-3}}$$

Experiment B

na štandardizáciu sa pipetovalo $20,0\text{ cm}^3$ štandardného roztoku Na_2CO_3 ,
reakcia pri štandardizácii na indikátor Tashiro (tienený indikátor metylčerven + metylénová modrá):



priemerná spotreba HCl na mr: $\bar{V}_{\text{mr}} = 19,75\text{ cm}^3$

$$\bar{c}_{\text{HCl, mr}} = 2 \cdot c_s \cdot V_s / \bar{V}_{\text{mr}} = 2 \cdot 0,0506\text{ mol dm}^{-3} \cdot 20,0 \cdot 10^{-3}\text{ dm}^3 / 19,75 \cdot 10^{-3}\text{ dm}^3 = \mathbf{0,1025\text{ mol dm}^{-3}}$$

bodovanie:

- 1 b:** príprava roztoku Na_2CO_3 a výpočet koncentrácie; príprava roztoku HCl ; každá vykonaná titrácia
2 b: váženie štandardu a operácie so štandardom; výpočet koncentrácie HCl na ff, mo a mr;
max 9 b. relatívna chyba stanovenia koncentrácie HCl , výsledok štandardizácie – chyba v %:
(i; $i+1 > 9 - i$ bodov, $i = 0$; 9).

Riešenie úlohy 1 (2 b)

kumulatívny aritmetický priemer: $\bar{c}_{\text{HCl}} = (0,1017 + 0,1022 + 0,1025)/3 = 0,1022 \text{ mol dm}^{-3}$

smerodajná odchýlka: $s = 0,0004$

95%-ná hodnota spoľahlivosti: **confidence = 0,0010**

Odmerný roztok HCl má koncentráciu: $\bar{c}_{\text{HCl}} = 0,1022 \pm 0,0010 \text{ mol dm}^{-3}$

Riešenie úlohy 2 (2,5 b)

Odmerná analýza je metóda kvantitatívnej chemickej analýzy, kde sa na základe presného merania objemu odmerného činidla potrebného na úplné zreagovanie stanovovanej látky v analyzovanom roztoku určí jeho množstvo.

Titračná krivka je grafická závislosť signálu (pH, E , pM) od objemu titračného činidla alebo titračného stupňa.

Acidobázický indikátor je slabá organická kyselina alebo zásada, ktorej disociovaná a nedisociovaná forma majú rôzne sfarbenie.

Bod ekvivalencie je stav, keď pridané látkové množstvo činidla je chemicky ekvivalentné látkovému množstvu stanovovanej látky. Dosiahnutie bodu ekvivalencie je teoretický koncový bod titrácie, nazýva sa tiež stechiometrický bod.

Koncový bod titrácie je stav, kedy titráciu ukončíme napr. na základe zmeny farby vizuálneho indikátora, zmeny vodivosti, absorpcie alebo potenciálu.

Riešenie úlohy 3 (1 b)

Podľa hodnoty disociačnej konštanty určujeme silu kyselín a zásad, a teda aj voľbu vhodného odmerného činidla a indikátora na stanovenie látok na základe protolytických reakcií.

Riešenie úlohy 4 (2 b)

Funkčná oblasť indikátora je rozmedzie pH, ktoré umožňuje pozorovať farebnú zmenu indikátora. Pri titrácii volíme indikátor tak, aby pH v okolí bodu ekvivalencie na titračnej krivke bolo vo funkčnej oblasti indikátora. Na titráciu je vhodný taký acidobázický indikátor, ktorého farebná zmena je v rozmedzí dvoch jednotiek pH.

Funkčná oblasť indikátora: $\text{pH} = \text{pK}_{\text{ind}} \pm 1$

Riešenie úlohy 5 (2,5 b)

Štandardizácia HCl (k) na Na_2CO_3 (s):

Indikátor pre danú titráciu volíme predovšetkým tak, aby oblasť jeho farebného prechodu odpovedala pH v okolí bodu ekvivalencie (pT) na titračnej krivke.

Experiment A:

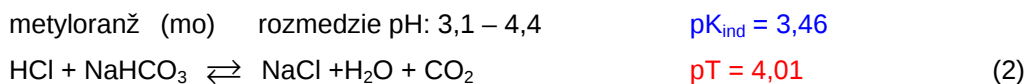
fenolftaleín (ff): rozmedzie pH: 8,2 – 10,0

$\text{pK}_{\text{ind}} = 9,5$

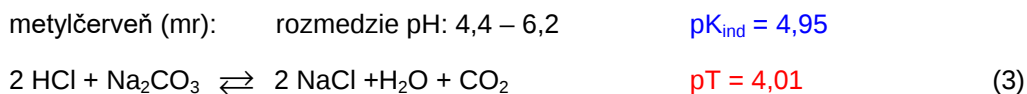
$\text{HCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{NaHCO}_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

$\text{pT} = 8,31$

(1)



Experiment B:



Najvhodnejším indikátorom je fenolftaleín (ff), pretože pri titrácii nedochádza k absorpcii CO_2 v roztoku a pH pri ktorom sfarbenie ff začína alebo prestáva byť viditeľným je 8,2 – roztok je mierne pretitrovaný ($pT = 8,31$). Porovnaním pK_{ind} hodnôt indikátorov mo a mr voči pT reakcie štandardizácie vyplýva, že metyloranž je vhodnejší indikátor ako metylčerveň (Tashiro).

Poradie vhodnosti indikátorov (vhodný → menej vhodný): ff – mo – mr.

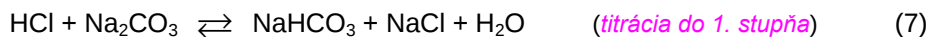
Riešenie úlohy 6 (2 b)

Stanovenie NaOH (I) vedľa Na_2CO_3 (s) acidimetricky sa realizuje v dvoch alikvotných podieloch (rovnakých častiach), kde:

- v prvom podieli sa stanoví celková alkalita (súčasne OH^- a CO_3^{2-}) na indikátor metyloranž:



- v druhom podieli sa pri titrácii na indikátor fenolftaleín stanoví OH^- a polovica CO_3^{2-} :



- spotreba HCl (k) na mo podľa rovnice (4) a (5): $V_{\text{mo}} = V_{\text{I}} + 2V_{\text{S}}$

- spotreba HCl (k) na ff podľa rovnice (6) a (7): $V_{\text{ff}} = V_{\text{I}} + V_{\text{S}}$

$$V_{\text{S}} = V_{\text{mo}} - V_{\text{ff}} = (30 - 20) \text{ cm}^3 = 10 \text{ cm}^3 \quad \text{z rovnice (7) je zrejmé, že } n_{\text{k}} = n_{\text{s}}$$

$$V_{\text{I}} = V_{\text{ff}} - V_{\text{S}} = (20 - 10) \text{ cm}^3 = 10 \text{ cm}^3 \quad \text{z rovnice (4) a (6) je zrejmé, že } n_{\text{k}} = n_{\text{I}}$$

$$m_{\text{S}} = n_{\text{S}} \cdot M_{\text{S}} = c_{\text{k}} \cdot V_{\text{k}} \cdot M_{\text{S}} = 0,1 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 \cdot 105,9884 \text{ g mol}^{-1} = 0,1060 \text{ g} = 106,0 \text{ mg Na}_2\text{CO}_3$$

$$m_{\text{I}} = n_{\text{I}} \cdot M_{\text{I}} = c_{\text{k}} \cdot V_{\text{k}} \cdot M_{\text{I}} = 0,1 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 \cdot 39,99711 \text{ g mol}^{-1} = 0,0400 \text{ g} = 40,0 \text{ mg NaOH}$$

Analyzovaná zmes obsahuje 40,0 mg NaOH a 106,0 mg Na_2CO_3 .

Autori: RNDr. Juraj Bujdák, PhD., Ing. Pavel Májek, PhD., (vedúci autorského kolektívu),
 RNDr. Martin Walko, PhD.

Recenzenti: Ing. Lukáš Pogány, doc. RNDr. Martin Putala, PhD., doc. Ing. Jana Sádecká, PhD.

Vydal: IUVENTA, Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2016