

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

54. ročník, školský rok 2017/2018

Kategória B

Domáce kolo

RIEŠENIE A HODNOTENIE

TEORETICKÝCH A PRAKTICKÝCH ÚLOH

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH ZO VŠEOBECNEJ A ANORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 54. ročník – školský rok 2017/2018

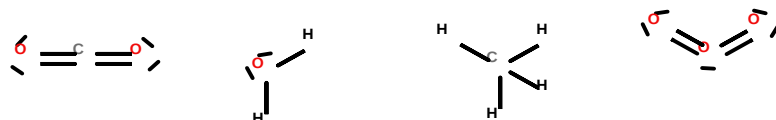
Domáce kolo

Juraj Bujdák

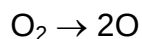
Maximálne 30 bodov (b)

Riešenie úlohy 1 (8 b)

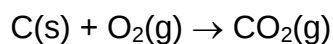
2 b a)



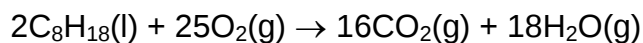
2 b b) Je to ozón. Vzniká z molekulového kyslíka v atmosfére vplyvom ionizujúceho žiarenia:



4 b c) I. Spaľovanie uhlia:



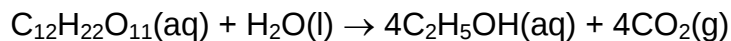
II. Spaľovanie októanu v benzínových motoroch:



III. Výroba páleného vápna z vápenca:



IV. Premena cukru kvasinkami na etanol a oxid uhličitý:



Riešenie úlohy 2 (10 b)

1 b Na výpočty je potrebné vyhľadať nasledovné mólové hmotnosti látok:

$$M(\text{CO}_2) = 44,01 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{C}) = 12,01 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{CaO}) = 56,08 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 114,2 \text{ g mol}^{-1}$$

3 b

a) $n(\text{C}) = n(\text{CO}_2)$

$$m(\text{C}) / M(\text{C}) = m(\text{CO}_2) / M(\text{CO}_2)$$

$$m(\text{CO}_2) = M(\text{CO}_2) m(\text{C}) / M(\text{C}) = 44,01 \text{ g mol}^{-1} 90 \text{ kg} / 12,01 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m(\text{CO}_2) = 329,8 \text{ kg}$$

3 b

b) $m(\text{C}_8\text{H}_{18}) = \rho(\text{C}_8\text{H}_{18}) V(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 703 \text{ kg m}^{-3} 0,1 \text{ m}^3 = 70,3 \text{ kg}$

$$n(\text{C}_8\text{H}_{18}) = n(\text{CO}_2) / 8$$

$$m(\text{C}_8\text{H}_{18}) / M(\text{C}_8\text{H}_{18}) = m(\text{CO}_2) / (8 M(\text{CO}_2))$$

$$m(\text{CO}_2) = 8 m(\text{C}_8\text{H}_{18}) M(\text{CO}_2) / M(\text{C}_8\text{H}_{18})$$

$$m(\text{CO}_2) = 8 \cdot 70,3 \text{ kg} \cdot 44,01 \text{ g mol}^{-1} / 114,2 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m(\text{CO}_2) = 216,7 \text{ kg}$$

3 b

c) $n(\text{CaO}) = n(\text{CO}_2)$

$$m(\text{CaO}) / M(\text{CaO}) = m(\text{CO}_2) / M(\text{CO}_2)$$

$$m(\text{CO}_2) = M(\text{CO}_2) m(\text{CaO}) / M(\text{CaO})$$

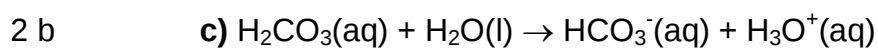
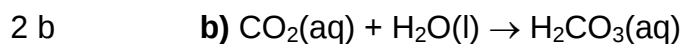
$$m(\text{CO}_2) = 44,01 \text{ g mol}^{-1} 100 \text{ kg} / 56,08 \text{ g mol}^{-1} = 78,5 \text{ kg}$$

Najväčšie množstvo oxidu uhličitého vzniká spálením 100 kg uhlia s 90 %-ným obsahom uhlíka.

Riešenie úlohy 3 (12 b)

2 b

a) Molekula oxidu uhličitého má polárne väzby C=O. Hydratačná energia vzhľadom na polaritu vody je vyššia v prítomnosti polárnych väzieb. Nemožno vylúčiť aj slabú vodíkovú väzbu medzi molekulami vody a molekulou oxidu uhličitého. Navyše oxid uhličitý s vodou čiastočne reaguje za vzniku kyseliny uhličitej. Tieto všetky skutočnosti prispievajú k vyššej rozpustnosti oxidu uhličitého vo vode. Kyslík a dusík sú tvorené dvojatómovými molekulami, v ktorých atómy tvoria nepolárne väzby. Z tohto dôvodu sa vo vode, ktorá je typické polárne rozpúšťadlo, rozpúšťajú menej.



3 b **d)** Ak máme jednotkovú celkovú koncentráciu oxidu uhličitého a ak molový zlomok (x) tvorí kyselinu, zostávajúca časť rozpusteného oxidu ($1-x$) zostáva nezreagovaná. Potom pre rovnovážnu konštantu platí:

$$\frac{x}{1-x} = 1,65 \times 10^{-3}$$

$$x = 0,00165$$

Kyselinu bude tvoriť 0,165 % oxidu uhličitého.

3 b **e)** $c = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV} = \frac{1 \text{ g}}{44,01 \text{ g mol}^{-1} \text{ dm}^3} = 2,27 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$

$$c(\text{H}_2\text{CO}_3) = 0,00165 \cdot 2,27 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} = 3,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$$

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

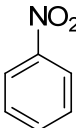
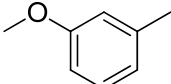
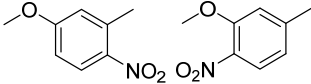
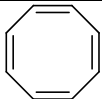
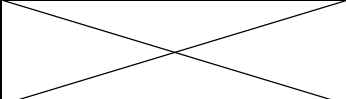
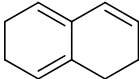
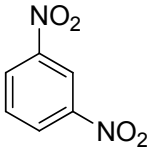
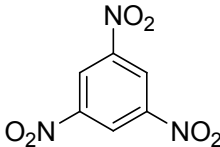
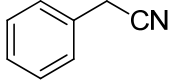
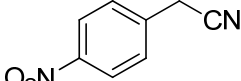
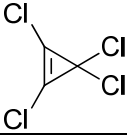
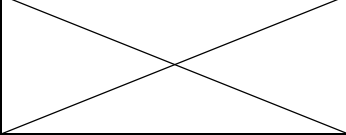
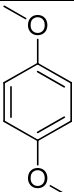
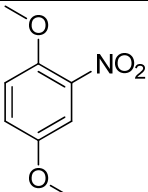
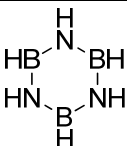
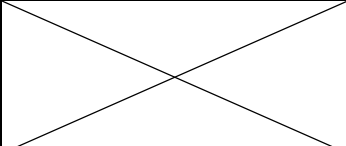
Chemická olympiáda – kategória B – 54. ročník – školský rok 2017/2018

Domáce kolo

Dušan Bortňák

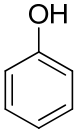
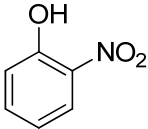
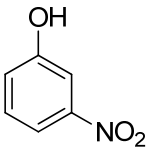
Maximálne 30 bodov

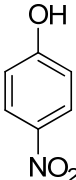
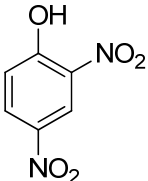
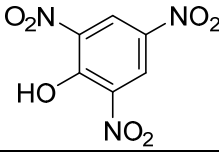
Riešenie úlohy 1 (9,8 b)

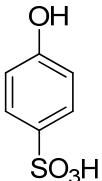
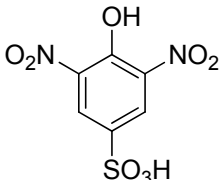
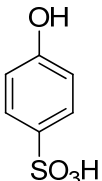
1. Štruktúrny vzorec	2. Názov	3. Splnenie Hückelových podmienok aromaticity	4. Vzorec hlavného produktu (produktov) elektrofilnej nitrácie (ak je zlúčenina aromatická)
	benzén	spĺňa	
	1-metoxi-3-metyl- benzén	spĺňa	
	cyklookta-1,3,5,7- tetraén	nespĺňa	
	1,2,6,7- tetrahydronaftalén	nespĺňa	
	1,3-dinitrobenzén	spĺňa	
	nitril kyseliny 2- fenyletánovej (2- fenylacetonitril alebo 2-fenyletánnitril)	spĺňa	
	tetrachlórcyklopropén	nespĺňa	
	1,4-dimetoxibenzen	spĺňa	
	1,3,5,2,4,6- triazatriborinán	spĺňa	

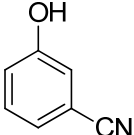
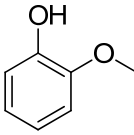
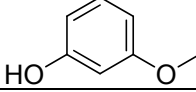
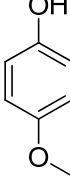
Za každý vyplnený názov 0,4 b (spolu 2,8 b), za správne určenie podmienok aromaticity 0,5 b (spolu 4,5 b), za správny produkt (resp. produkty) elektrofilnej nitrácie 0,5 b (spolu 2,5 b; hodnotiť len ak spĺňa podmienky aromaticity), za preškrtnuté políčko sa body neprideľujú. Tučným písmom **modrou farbou** sú vyznačené názvy, ktoré už boli v tabuľke vyplnené.

Riešenie úlohy 2 (11,2 b)

A:		
Názov	Štruktúrny vzorec	pKa
fenol		9,86
2-nitrofenol		7,14
3-nitrofenol		8,34

B:		
Názov	Štruktúrny vzorec	pKa
4-nitrofenol		7,23
2,4-dinitrofenol		4,04
2,4,6-trinitrofenol		0,62

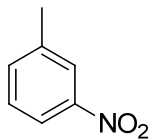
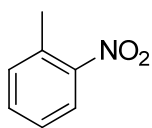
C:		
Názov	Štruktúrny vzorec	pKa
benzénsulfonová kyselina		-0,60
4-hydroxy-3,5-dinitrobenzen sulfónová kyselina		-1,45
4-hydroxybenzén sulfónová kyselina		-0,23

D:		
Názov	Štruktúrny vzorec	pKa
nitril kyseliny 3-hydroxybenzén karboxylovej		8,58
2-metoxyfenol		9,97
3-metoxyfenol		9,58
4-metoxyfenol		10,40

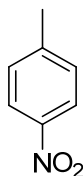
(Za správnu štruktúru 0,4 b, za správne priradenie pKa hodnoty 0,5 b)

Riešenie úlohy 3 (9,0 b)

A:

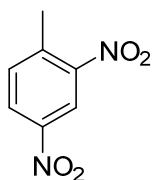


1-metyl-2-nitrobenzén (2-nitrotoluén) , 1-metyl-3-nitrobenzén, (3-nitrotoluén)

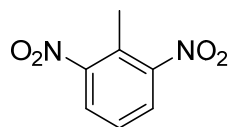


1-metyl-4-nitrobenzén (4-nitrotoluén)

B:

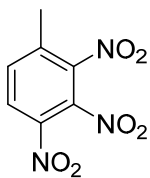


1-metyl-2,4-dinitrobenzén

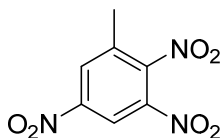


2-metyl-1,3-dinitrobenzén

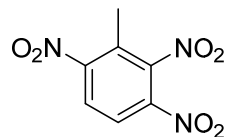
C:



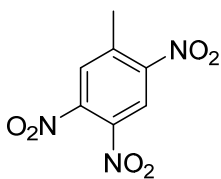
1-metyl-2,3,4-trinitrobenzén



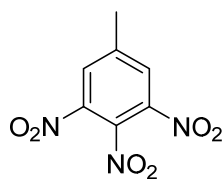
1-metyl-2,3,5-trinitrobenzén



2-metyl-1,3,4-trinitrobenzén



1-metyl-2,4,5-trinitrobenzén



5-metyl-1,2,3-trinitrobenzén

(za správny názov 0,4 b, v prípade nesprávnych lokantov 0,2 b; za správny vzorec 0,5 b)

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 54. ročník – školský rok 2017/18

Domáce kolo

Pavel Májek

Maximálne 40 bodov

Experimentálna úloha (28 b)

Príprava 250 cm³ 0,0036 mol dm⁻³ štandardného roztoku KIO₃:

$m(\text{KIO}_3) = c(\text{KIO}_3) \cdot V(\text{KIO}_3) \cdot M(\text{KIO}_3) = 0,036 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,25 \text{ dm}^3 \cdot 214,0010 \text{ g mol}^{-1} = 0,1926 \text{ g KIO}_3$
návažok: 0,1984 g KIO₃ sa rozpustil a doplnil na 250 cm³,

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

$c(\text{KIO}_3) = 0,1984 \text{ g} / (214,0010 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,25 \text{ dm}^3) = 3,7084 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$

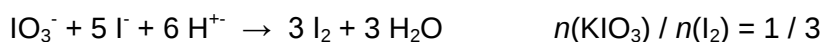
Príprava 100 cm³ 0,025 mol dm⁻³ odmerného roztoku Na₂S₂O₃:

zo zásobného 0,1 mol dm⁻³ odmerného roztoku Na₂S₂O₃ presnej koncentrácie:

materiálová bilancia: $c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$ $V_1 = c_2 \cdot V_2 / c_1 = 0,025 \cdot 0,1 / 0,1 = 0,025 \text{ dm}^3 = 25 \text{ cm}^3$

Na prípravu 100 cm³ 0,025 mol dm⁻³ roztoku Na₂S₂O₃ sa odpipetuje 25 cm³ zo zásobného roztoku.

Štandardizácia odmerného roztoku Na₂S₂O₃:



$$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) / n(\text{KIO}_3) = 6 / 1$$

$$c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 6 \cdot c(\text{KIO}_3) \cdot V(\text{KIO}_3) / V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$$

na štandardizáciu sa pipetovalo 20,0 cm³ štandardného roztoku KIO₃,

priemerná spotreba Na₂S₂O₃: 17,6 cm³

$c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 6 \cdot 3,7084 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 / 17,6 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 2,5285 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$

bodovanie:

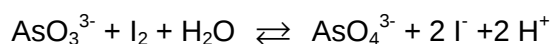
- 1 b:** výpočet návažky štandardu; váženie a príprava roztoku KIO₃; výpočet riedenia a príprava odmerného roztoku Na₂S₂O₃; každá titrácia; spolu max. 8 b,
- 2 b:** výpočet koncentrácie KIO₃,
- 3 b:** výpočet koncentrácie Na₂S₂O₃,
- max 15 b.** relatívna chyba stanovenia koncentrácie Na₂S₂O₃, výsledok štandardizácie – chyba v %:
(i ; $i+1 > 15 - i$ bodov, $i = 0$; 14.

Riešenie úlohy 1 (3 b)

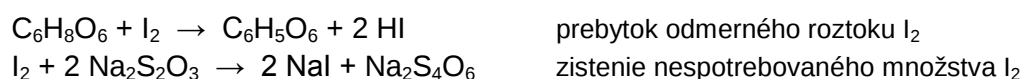
Jodometria je odmerná oxidačne-redukčná titračná metóda, kde využívame redoxné reakcie medzi elementárnym jódom (resp. trijodidovým aniónom I_3^-) ako oxidovadlom a redukujúcou látkou (analytom) – *titrácia roztokom jódu* v neutrálnom (príp. slaboalkalickom) prostredí. Stanovenie oxidovadiel (analyt) je založené na oxidácií jodidu na jód a jeho následnej titrácií roztokom tiosíranu sodného – *titrácia roztoku jódu* v kyslom prostredí.

Titrácia roztokom jódu:

a) priama titrácia:

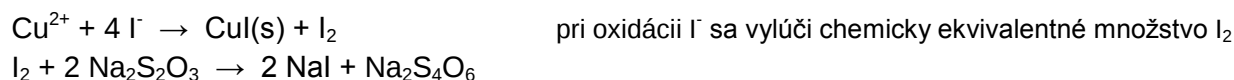


b) spätná titrácia:



Titrácia roztoku jódu:

c) nepriama titrácia



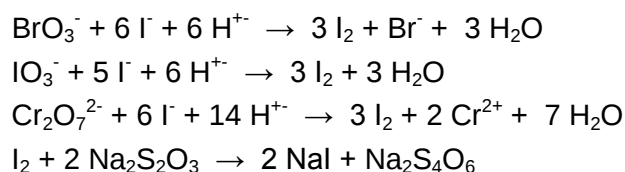
Riešenie úlohy 2 (2 b)

Jodometria:

- o základné látky: resublimovaný jód, As_2O_3 , KIO_3 , $KBrO_3$, $K_2Cr_2O_7$,
- o odmerné roztoky: jód a $Na_2S_2O_3$,
- o indikátor: škrobový maz.

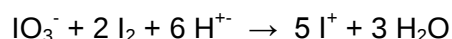
Riešenie úlohy 3 (3 b)

Štandardizácia odmerného roztoku $Na_2S_2O_3$ na rôzne základné látky napr.:



Riešenie úlohy 4 (1 b)

Oxidácia jodidu na jód prebieha v pomerne kyslom prostredí ($0,2 - 0,4 \text{ mol dm}^{-3} \text{ HCl}$). Za týchto podmienok sa HI môže oxidovať vzdušným kyslíkom, a preto treba štandardizáciu robiť v inertnej atmosfére. Pri vysokých koncentráciách kyseliny $4 - 6 \text{ mol dm}^{-3}$ prebieha reakcia oxidácie jódu na ICl:



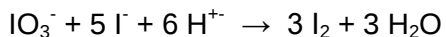
Riešenie úlohy 5 (3 b)

hmotnosť vzorky na analýzu: 0,5002 g

celkový objem vzorky na analýzu: 500 cm³

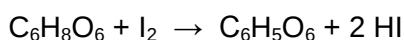
na titráciu sa pipetovalo 25 cm³ vzorky zo zásobného roztoku

reakcie stanovenia kyseliny askorbovej (AA):



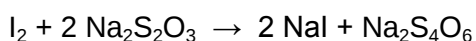
vznik jódu v nadbytku

$$n(\text{KIO}_3) / n(\text{I}_2)_{\text{celkový}} = 1 / 3$$



reakcia stanovenia AA – (R)

$$n(\text{AA}) / n(\text{I}_2) = 1 / 1$$



spätná titrácia na prebytok I₂ – (B)

$$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) / n(\text{I}_2) = 2 / 1$$

$$3 \cdot n(\text{KIO}_3) = n(\text{I}_2)_{\text{celkový}} = n(\text{I}_2)^R + n(\text{I}_2)^B = n(\text{AA}) + n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)/2$$

$$n(\text{AA}) = 3 \cdot n(\text{KIO}_3) - n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)/2$$

$$n(\text{AA}) = 3 \cdot 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} \cdot 10,0 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 - 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} \cdot 17,1 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 / 2 = 8,6250 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$m(\text{AA}) = 8,6250 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 176,1241 \text{ g mol}^{-1} \cdot 500 \text{ cm}^3 / 25 \text{ cm}^3 = 0,3038 \text{ g}$$

$$m(\text{AA})/\text{tableta} = 0,3038 \text{ g} \cdot 0,1652 \text{ g} / 0,5002 \text{ g} = 0,1003 \text{ g kyseliny askorbovej v jednej tablete}$$

Autori: Ing. Dušan Bortňák, doc. RNDr. Juraj Bujdák, DrSc., Ing. Pavel Májek, PhD., (vedúci autorského kolektívu)

Recenzenti: Ing. Simona Matejová, doc. RNDr. Martin Putala, PhD., doc. Ing. Jana Sádecká, PhD.

Vydal: IUVENTA, Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2017