

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

62. ročník, školský rok 2025/2026

Kategória B

Školské kolo

praktická časť

PRAKTICKÉ ÚLOHY Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 62. ročník – školský rok 2025/2026

Školské kolo – praktická časť

Pavel Májek

Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU v Bratislave

Maximálne 40 bodov

Doba riešenia: neobmedzená

Stanovenie koncentrácie odmerného roztoku NaOH

Úvod

Na úspešné riešenie praktickej časti kategórie B v tomto ročníku CHO je potrebné si osvojiť vedomosti o vlastnostiach a disociácii jedno- a viacsýtnych kyselín, neutralizácii mono-, di-, a tri-karboxylových kyselín, naštudovať alkalimetrické titrácie, použitie jednotlivých acidobázických indikátorov pri acidobázických titráciách ako aj stanovenie hydroxy karboxylových kyselín alkalimetricky.

Literatúra

1. Kmeťová, M. Skoršepa, P. Mäčko: *Chémia pre 2. ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 6. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*, Vydavateľstvo Expol Pedagogika, s.r.o., Bratislava, 2012, ISBN 978-80-8091-271-0
2. J. Kmeťová, M. Skoršepa, M. Vydrová: *Chémia pre 3. ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 7. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*, Vydavateľstvo Matice slovenskej s.r.o., 2011, ISBN 978-80-8115-042-5
3. http://cs.wikipedia.org/wiki/Disocia%C4%8Dn%C3%AD_konstanta
4. <http://www.easychem.com.au/the-acidic-environment/acid-base-definitions/titration-experiment>
5. <http://www.3rd1000.com/chem301/p00413.htm>
6. <http://ch301.cm.utexas.edu/help/ch302/ab/indicators.pdf>
7. <https://www.quora.com/What-is-an-equimolar-mixture>

Poznámka: Informácie na webových stránkach, ktoré sú uvedené v literatúre, boli dostupné ku dňu 20.11.2025.

Experimentálna úloha A:

Výber vhodného vizuálneho indikátora pri alkalimetrickej titrácii (3 b)

Nasledovné pokusy vykonajte vo virtuálnom laboratóriu pomocou programu 'Acid-Base Titration, ver. 5'. Inštalácia a práca s programom sú súčasťou distribuovaného programu. Vykonajte virtuálnu titráciu pre maximálne pridaný objem titrantu 50 cm³ pre nasledovné indikátory: metylová oranžová, metylová červená, brómtymolová modrá a fenolftaleín. Výsledky vizuálneho hodnotenia vhodnosti jednotlivých indikátorov pre indikáciu koncového bodu titrácie zapíšte do pripojenej tabuľky v Prílohe: vhodný (+), resp. nevhodný (-).

Pokus 1: Pri alkalimetrickej titrácii s 0,1 mol dm⁻³ NaOH vyberte vhodný indikátor, ak titrujeme 20 cm³ nasledovných kyselín: HCl, H₂SO₄ a H₃PO₄ s koncentráciou 0,1 mol dm⁻³.

Pokus 2: Pri alkalimetrickej titrácii s $0,05 \text{ mol dm}^{-3}$ NaOH vyberte vhodný indikátor ak titrujeme 10 cm^3 nasledovných kyselín: octová (CH_3COOH), šťaveľová ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) a kyslý ftalan draselný ($\text{C}_8\text{H}_5\text{KO}_4$, $K_a = 3.98\text{e-}6^*$) s koncentráciou $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$.

Pokus 3: Pri alkalimetrickej titrácii s $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ NaOH vyberte vhodný indikátor ak titrujeme 20 cm^3 nasledovných kyselín: mliečna, jablčná, vínna a citrónová s koncentráciou $0,05 \text{ mol dm}^{-3}$ – vstupné hodnoty do programu *Acid-Base Titration* sú uvedené v Tabuľke 2.

Tabuľka 1. Názvy a vzorce organických hydroxykyselín

názov kyseliny	vzorec	názov kyseliny	vzorec
mliečna	$\text{CH}_3\text{-CH(OH)-COOH}$	vínna	$\text{HOOC-CH(OH)-CH(OH)-COOH}$
jablčná	$\text{HOOC-CH}_2\text{-CH(OH)-COOH}$	citrónová	$\text{HOOC-CH}_2\text{-C(OH)(COOH)-CH}_2\text{-COOH}$

Tabuľka 2. Disociačné konštanty organických hydroxykyselín

názov kyseliny	K_{a1}	K_{a2}	názov kyseliny	K_{a1}	K_{a2}	K_{a3}
mliečna	$1.38\text{e-}4$		vínna	$1.12\text{e-}3$	$5.62\text{e-}5$	
jablčná	$3.98\text{e-}4$	$6.30\text{e-}7$	citrónová	$7.25\text{e-}4$	$1.78\text{e-}5$	$3.89\text{e-}6$

*Poznámka: Jednotlivé hodnoty disociačných konštánt sa zadávajú do programu *Acid-Base Titration* tak, ako sú zapísané v tabuľke.

Pre kyselinu vínna sú uvedené hodnoty disociačných konštánt pre L(+) enantiomér.

Experimentálna úloha B:

Štandardizácia odmerného roztoku NaOH (25 b)

Príprava roztokov a postup stanovenia

- Odmerný roztok NaOH:** na štandardizáciu roztoku NaOH sa do kadičky odmerným valcom odoberie asi 100 cm^3 zásobného roztoku NaOH s koncentráciou cca $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$.
- Príprava 100 cm^3 $0,05 \text{ mol dm}^{-3}$ štandardného roztoku kyseliny šťaveľovej:** vypočítané a odvážené množstvo dihydrátu kyseliny šťaveľovej $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($M = 126,06582 \text{ g mol}^{-1}$), rozpustíme v kadičke a kvantitatívne prenesieme do 100 cm^3 odmernej banky. Po doplnení po značku deionizovanou vodou a premiešaní, vypočítame presnú koncentráciu štandardného roztoku.

Príprava byrety na titráciu: 25 cm^3 byrety po premytí deionizovanou vodou a odmerným roztokom NaOH doplníme roztokom na nulovú značku a byreta je pripravená na odmerné stanovenie.

- Štandardizácia odmerného roztoku NaOH:** do titračnej banky odpipetujeme $15,0 \text{ cm}^3$ štandardného roztoku $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, pridáme 20 cm^3 deionizovanej vody, 2 kvapky indikátora fenolftaleínu a titrujeme s roztokom NaOH za stáleho miešania z bezfarebného do prvého ružového sfarbenia. *Po ukončení prvej štandardizácie pokračujeme druhou, prípadne treťou titráciou podľa potreby.*

Z priemernej alebo reprezentatívnej hodnoty spotreby roztoku NaOH sa vypočíta presná látková koncentrácia odmerného roztoku hydroxidu sodného.

Úloha 1 (2,5 b)

Vysvetlite pojmy: titračná krivka acidobázických titrácií, bod ekvivalencie, koncový bod titrácie a acidobázický vizuálny indikátor.

Úloha 2 (2,5 b)

Čo je funkčná oblasť vizuálneho indikátora. Ako možno vybrať správny acidobázický indikátor.

Úloha 3 (3 b)

Vysvetlite, prečo je vždy potrebné pripravený roztok NaOH štandardizovať.

Úloha 4 (4 b)

Na analýzu 10 cm³ ekvimolárnej zmesi kyselín HCl a H₃PO₄ sa spotrebovalo na indikátor: **a)** metylová oranžová 20 cm³ 0,02 mol dm⁻³ NaOH; **b)** fenolftalein 45 cm³ 0,01 mol dm⁻³ NaOH. Vypočítajte koncentráciu kyselín v zmesi, pričom koncentrácie zmesi v prípade **a)** a v prípade **b)** sú rôzne. Výsledok svojho výpočtu skontrolujte vo virtuálnom laboratóriu.

Experimentálna úloha A:

- **Pomôcky**

Počítač s nainštalovaným softvérom 'Acid-Base Titration, ver. 5'.

Experimentálna úloha B:

- **Pomôcky**

byreta 25 cm³, pipeta 15 cm³, 2 (3) ks titračná banka 250 cm³, odmerná banka 100 cm³, kadičky: 250, 150 cm³ a 75 - 100 cm³, odmerný valec 25 cm³, strička, sklenená tyčinka, byretový lievik, laboratórny stojan, svorky, lapák, filtračný papier.

- **Chemikálie a roztoky**

zásobný roztok NaOH (cca $c = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$), [H290, H314, H315, H319, S26, S37/39, S45],
kyselina etándiová, dihydrát, (COOH)₂·2H₂O, [H302, H312, S(2), S24/25],
indikátor: fenolftalein (0,1 % roztok) [H341-350-361, S(1/2-), S36/37-46],
deionizovaná voda.

Autor: Ing. Pavel Májek, PhD.

Recenzent: Ing. Mária Kopáčová

Vydal: NIVAM – Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2025.

Príloha: Výsledky z virtuálneho laboratória

Tabuľka 3 Výber vhodného vizuálneho indikátora pri alkalimetrickej titrácii

indikátor	názov kyseliny					
Pokus 1	<i>chlorovodíková</i>	<i>sírová</i>		<i>fosforečná</i>		
	pT	pT ₁	pT ₂	pT ₁	pT ₂	pT ₃
metyloranž						
metylčerveň						
bromtymolová modrá						
fenolftaleín						
Pokus 2	<i>mliečna</i>	<i>šťaveľová</i>		<i>hydrogén ftalan draselný</i>		
	pT	pT ₁	pT ₂	pT ₁		
metyloranž						
metylčerveň						
bromtymolová modrá						
fenolftaleín						
Pokus 3	<i>jablčná</i>	<i>vínna</i>		<i>citrónová</i>		
	pT ₁	pT ₂	pT ₁	pT ₂	pT ₃	
metyloranž						
metylčerveň						
bromtymolová modrá						
fenolftaleín						

Poznámka: Pri vyplňaní tabuľky použite nasledovné značenie pre indikátor vhodný: **+** a pre indikátor nevhodný: **-**.

Ak na titráciu je vhodných niekoľko indikátorov, pre uvedenú chemickú rovnicu a titračný exponent (pT_x) použite nasledovné skratky indikátorov: metyloranž – mo, metylčerveň – mr, bromtymolová modrá – btb, fenolftaleín – ff