

SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

59. ročník, školský rok 2022/2023

Kategória EF

Školské kolo

ÚLOHY Z PRAXE

ÚLOHY Z PRAXE

Chemická olympiáda – kategória E,F – 59. ročník – šk. rok 2022/2023

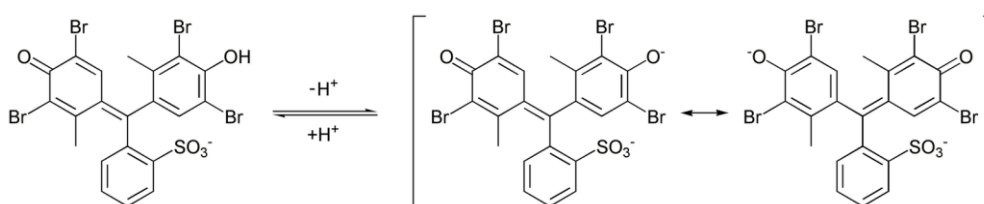
Školské kolo

Martina Gánovská

Maximálne 100 pomocných bodov = 50 bodov
Doba riešenia: 270 minút

Úvod

Acidobázickým indikátorom, ktorého disociačnú konštantu budete stanovovať v školskom kole je brómkrezolová zelená s oblasťou farebnej zmeny v rozmedzí pH 3,8 – 5,4.



Brómkrezolová zeleň		
pod 3,8	↔	5,4 nad

Na prípravu roztokov s presným pH sa používajú tlmivé roztoky. Kyselina citrónová je užitočnou súčasťou tlmivých roztokov, pretože má tri hodnoty pK_a , ktoré sa od seba líšia o menej než dve jednotky. K nej sa pridáva často hydrogénfosforečnan sodný. Nasledujúce roztoky (McIlvainov tlmivý roztok) majú rozmedzie pH od 3 do 8.

0,2 M Na ₂ HPO ₄ (ml)	0,1 M kyselina citrónová (ml)	pH
20,55	79,45	3,0
38,55	61,45	4,0
51,50	48,50	5,0
63,15	36,85	6,0
82,35	17,65	7,0
97,25	2,75	8,0

Pri výpočtoch môžete použiť nasledujúce vzorce:

Pre výpočet podielu zásaditej a kyslej formy indikátora z nameraných hodnôt absorbancií	$\frac{[In^-]}{[HIn]} = \frac{A - A_a}{A_b - A}$
Sústava rovníc pre výpočet podielu $\frac{[In^-]}{[HIn]}$ z nameraných údajov absorbancie neznámej vzorky	$A_{\lambda 1} = \varepsilon_{1a} \times l \times [HIn] + \varepsilon_{1b} \times l \times [In^-]$ $A_{\lambda 2} = \varepsilon_{2a} \times l \times [HIn] + \varepsilon_{2b} \times l \times [In^-]$
pH neznámej vzorky	$pH = pK_a + \log \frac{[In^-]}{[HIn]}$

Poznámka:

Pred samotnou prácou je potrebné prečítať si celé zadanie práce a rozvrhnúť si čas na prácu. Nie je nutné začať úlohou A.

Náplňou úloh školského kola je:

- *stanovenie titračnej kyslosti v nápoji cider*
- *určenie vhodných vlnových dĺžok potrebných na stanovenie pKa acidobázického indikátora spektrofotometricky*
- *stanovenie pH vzorky*

Máte k dispozícii nasledujúce tuhé látky a pripravené nasledujúce roztoky:

- roztok bromkrezolovej zelene $c = 1,15 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$
- roztok HCl s $c = 0,5 \text{ mol.dm}^{-3}$
- tuhý NaOH
- tuhý hydrogénftalan draselný
- roztok indikátora fenolftaleínu
- roztok hydroxidu sodného s približnou koncentráciou $c = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$.

Úloha A: Stanovenie titračnej kyslosti ciderov

Alkoholovým kvasením jablkového muštu vzniká nápoj populárny hlavne v západnej Európe – cider, alebo sajder. Obsah alkoholu v nápoji sa môže pohybovať od 1,2 % až do 8,5%. Čo je menej ako vo vínach. Keďže sa vyrába kvasením jablčného muštu základnou kyselinou, ktorú obsahuje je kyselina jablčná (kyselina 2-hydroxybutándiová) a citrónová (kyselina 2-hydroxypropán-1,2,3-trikarboxylová). Kyslosť sajdrov teda spôsobujú viaceré organické kyseliny, ktoré sa stanovujú neutralizačnou analýzou, preto sa používa pojem titračná kyslosť. V dôsledku dozrievania vo fľašiach môže byť cider jemne perlivý. Podobný nápoj je možné vyrobiť tiež z hrušiek.

Úloha A1: Príprava roztokov

- A1.1 Vypočítajte hmotnosť hydroxidu sodného potrebnú na prípravu 100 cm^3 s koncentráciou $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$. Roztok máte pripravený.
- A1.2 Vypočítajte hmotnosť hydrogénftalanu draselného potrebného na prípravu 100 cm^3 s koncentráciou blízkou $c = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$. Roztok z vypočítaných hodnôt pripravte a vypočítajte jeho presnú koncentráciu.

Úloha A2: Určenie presnej koncentrácie odmerného roztoku

- A2.1 Do titračnej banky odpipetujte $20,0 \text{ cm}^3$ štandardného roztoku hydrogénftalanu sodného s presne známou koncentráciou blízkou $0,1 \text{ mol. dm}^{-3}$, ktorý ste si pripravili v úlohe 1.2, pridajte 10 cm^3 demineralizovanej vody, 2 kvapky fenolftaleínu a titrujte do ružova. Vykonajte potrebný počet paralelných stanovení, určte akceptovanú hodnotu a vypočítajte presnú koncentráciu odmerného roztoku.

Úloha A3: Stanovenie titračnej kyslosti vizuálne a potenciometrickou titráciou

- A3.1 100 cm³ vzorky komerčne dostupného cideru zahrejte do varu a 2 -3 minúty nechajte vriieť, aby sa uvoľnil oxid uhličitý. Následne vzorku ochlaďte vo vodnom kúpeli na laboratórnu teplotu.
- A3.2 Do titračnej banky pipetujte 20,0 cm³ ochladenej vzorky a pridajte 1-2 kvapky indikátora fenolftaleín. Titrujte do ružového sfarbenia stabilného aspoň 30 s. Urobte potrebný počet paralelných stanovení, určte akceptovanú hodnotu a vypočítajte titračnú kyslosť cideru.
- A3.3 Pripravte si aparatúru na pH metrickú titráciu podľa návodu k pH metru, ktorý máte k dispozícii v škole a pH meter nastavte.
- A3.4 Do vyššej kadičky odpipetujte 20,0 cm³ ochladenej vzorky cideru a pridajte toľko demineralizovanej vody, aby bola elektróda (elektrody) prístroja ponorená do meraného roztoku podľa návodu. Kadičku umiestnite na magnetickú miešačku a nad vzorku upevnite byretu s odmerným roztokom hydroxidu sodného.
- A3.5 Do vzorky pridávajte za stáleho miešania presne známy objem (napr. po 0,5 cm³) hydroxidu sodného. Po každom prídavku nechajte ustáliť pH a získané hodnoty (objem, pH) zapíšte do tabuľky. Takýmto spôsobom pokračujte v titrácii, kým nenameriate celú titračnú krivku (prípadne do pH 10,5 alebo dvojnásobného objemu spotreby získanej v bode 3.2).
- A3.6 Namerané hodnoty titračnej krivky spracujte graficky (môžete použiť manuálne spracovanie na milimetrový papier, program Microsoft Office Excel, prípadne iný grafický program). Z grafu určte ekvivalentný objem titrácie.
- A3.7 Vypočítajte hmotnostnú koncentráciu kyseliny jablčnej vo vzorke. Výsledky porovnajte s vizuálnou titráciou.

Úloha B: Určenie disociačnej konštanty acidobázického indikátora a stanovenie pH neznámej vzorky

Úloha B1: Príprava roztokov

- B1.1 Z pripraveného roztoku brómkrezolovej zelene pripravte zriedený roztok: do odmernej banky s objemom 100 cm³ odpipetujte 10,0 cm³ roztoku brómkrezolovej zelene, doplňte po rysku a starostlivo zhomogenizujte. Vypočítajte mólovú koncentráciu zriedeného roztoku.
- B1.2 Vypočítajte objem koncentrovaného roztoku HCl potrebného na prípravu 50 cm³ roztoku s koncentráciou 0,5 mol dm⁻³. Roztok máte pripravený.
- B1.3 Vypočítajte hmotnosť hydroxidu sodného potrebnú na prípravu 50 cm³ s koncentráciou 0,4 mol dm⁻³. Roztok pripravte.

Úloha B2 : Meranie spektier kyslej a zásaditej formy indikátora

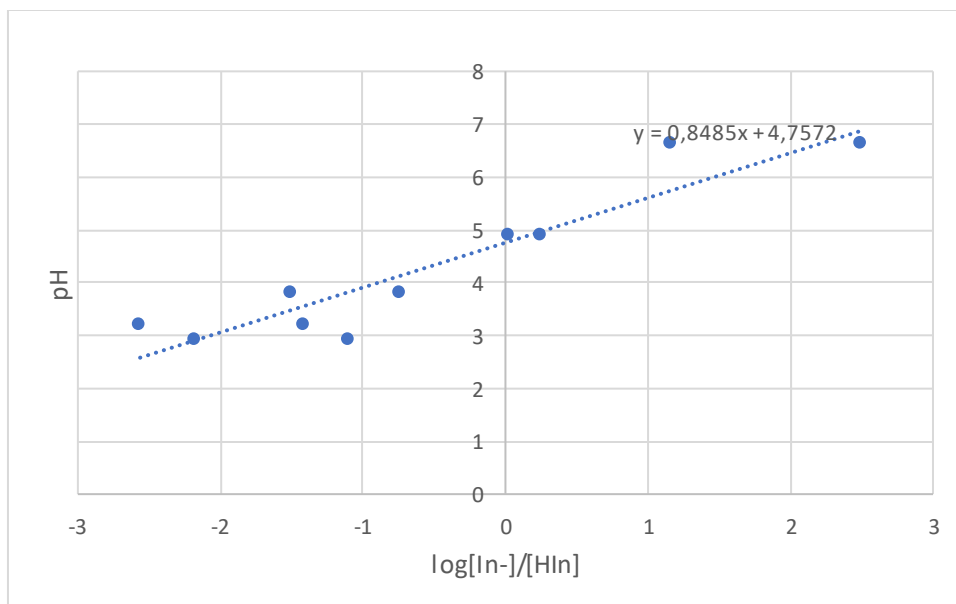
- B2.1 Pripravte 100 cm³ roztoku potrebného na zaznamenanie spektra kyslej formy indikátora odpipetovaním 20,0 cm³ pripraveného zriedeného zásobného roztoku brómkrezolovej zelenej do odmernej banky s objemom 100 cm³. Pridajte 25,0 cm³ roztoku kyseliny chlorovodíkovej s koncentráciou 0,5 mol dm⁻³, doplňte demineralizovanou vodou a premiešajte.
- B2.2 Zmerajte závislosť absorbcie pripraveného roztoku voči porovnávaciemu roztoku – demineralizovanej vode od vlnovej dĺžky v rozsahu vlnových dĺžok od 400 do 640 nm.
- B2.3 Pripravte 100 cm³ roztoku potrebného na zaznamenanie spektra zásaditej formy indikátora odpipetovaním 20,0 cm³ pripraveného zriedeného zásobného roztoku brómkrezolovej zelenej do odmernej banky s objemom 100 cm³. Pridajte 25,0 cm³ roztoku hydroxidu sodného s koncentráciou 0,4 mol dm⁻³ pripraveného v úlohe B1.5. doplňte demineralizovanou vodou a premiešajte.
- B2.4 Zmerajte závislosť absorbcie pripraveného roztoku voči porovnávaciemu roztoku – demineralizovanej vode od vlnovej dĺžky v rozsahu vlnových dĺžok od 400 do 640 nm.
- B2.5 Namerané hodnoty spracujte graficky (môžete použiť manuálne spracovanie na milimetrový papier, program Microsoft Office Excel, prípadne iný grafický program) a z údajov nameraných zvlášť pre zásaditú a zvlášť kyslú formu rozhodnite, ktoré vlnové dĺžky sú vhodné na meranie absorbcie roztokov s rôznym pH.

Poznámka:

1. Na meranie absorbcie použite stále rovnakú kvetu s presne známou hrúbkou blízkou 1 cm.
2. Vhodné vlnové dĺžky λ_{max} sú tie pri ktorej má jedna forma maximálnu absorbciu a druhá veľmi malú absorbciu.

Úloha B3 : Stanovenie pH neznámej vzorky spektrofotometricky

- B3.1 K roztoku vzorky, ktorý máte pripravený v 100 cm³ odmernej banke pridajte 20,0 cm³ brómkrezolovej zelene, doplňte po rýsku demineralizovanou vodou a zhomogenizujte.
- B3.2 Zmerajte absorbcie roztoku pri vybraných vlnových dĺžkach a vypočítajte hodnoty molárnych absorpčných koeficientov kyslej formy indikátora (ϵ_{1a} a ϵ_{2a}) a zásaditej formy indikátora (ϵ_{1b} a ϵ_{2b}).
- B3.3 Z rovníc uvedených v úvode vypočítajte podiel $\frac{[In^-]}{[HIn]}$.
- B3.4 Hodnotu pKa odčítajte z grafu závislosti $pH = f \left(\log \left(\frac{A - A_a}{A_b - A} \right) \right)$



B3.5 Vypočítajte pH neznámej vzorky.

B3.6 Zmerajte pH vzorky pomocou pH metra, hodnoty pH porovnajte.

Pri výpočtoch použite nasledujúce hodnoty mólových hmotností:

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_4\text{HK}) = 204,22 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7) = 192,124 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 141,96 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5) = 134,09 \text{ g mol}^{-1}$$

Odpoveďový hárok z analytickej PRAXE

Škola:				
Meno súťažiaceho:				
Celkový počet pridelených bodov:	Podpis hodnotiteľa:			
Úloha A				
Úloha A1.1	Výpočet hmotnosti hydroxidu sodného			
Úloha A1.2	Výpočet hmotnosti hydrogénftalanu draselného			
	Navážená hmotnosť	m(ST)=		
	Výpočet presnej koncentrácie hydrogénftalanu:			
Úloha A2.1	Spotreba odmerného roztoku NaOH:			
	Akceptovaná hodnota: $V_1(\text{NaOH})$			
	Zápis chemickej reakcie, ktorá prebehla pri štandardizácii:			
Výpočet presnej koncentrácie odmerného roztoku NaOH:				
Úloha A3.2	Spotreba odmerného roztoku NaOH:			
	Akceptovaná hodnota: $V_2(\text{NaOH})$			
	Zápis chemickej reakcie kyseliny jablčnej s hydroxidom sodným.			
	Výpočet hmotnostnej koncentrácie kyseliny jablčnej v g dm^{-3} :			

Úloha A3.3	Tabuľka nameraných hodnôt pH roztoku a V NaOH
	V
	pH
	V
	pH
Úloha A3.6	Graf (príloha)
	Z grafu odčítaný ekvivalentný objem:
Úloha A3.7	Výpočet hmotnostnej koncentrácie kyseliny jablčnej:
Úloha B	
Úloha B1.1	Výpočet molárnej koncentrácie zriedeného roztoku brómkrezolovej zelene:
Úloha B1.2	Výpočet objemu koncentrovaného roztoku HCl:
Úloha B1.3	Výpočet hmotnosti hydroxidu sodného:
Úloha B2.2	Tabuľka hodnôt pre zostrojenie absorpčnej krivky $A_a = f(\lambda)$
	λ 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520
	A
	λ 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640
	A

Úloha B2.4	Tabuľka hodnôt pre zostrojenie absorpčnej krivky $A_b = f(\lambda)$													
	λ	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520
	A													
	λ	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	/
	A													
Úloha B2.5	Adsorpčná krivka (príloha na mm papieri alebo vytlačené v programe excel)													
	Vlnová dĺžka zistená z grafu λ_1 pre kyslú formu indikátora							$\lambda_1 =$	A1a=			A1b=		
	Vlnová dĺžka zistená z grafu λ_2 pre zásaditú formu indikátora							$\lambda_2 =$	A2a=			A2b=		
Úloha B3.2	Výpočet molových adsorpčných koeficientov													
	ϵ_{1a}				ϵ_{2a}				ϵ_{1b}				ϵ_{1b}	
	Namerané hodnoty absorbie na stanovenie pH vzorky													
	A λ_1													
	A λ_2													
	Akceptovaná hodnota A λ_1							Akceptovaná hodnota A λ_2						
Úloha B3.3	Výpočet podielu $\frac{[In^-]}{[HIn]}$													
Úloha B3.4	Hodnota disociačnej konštanty							pKa=						

Úloha B3.5	Výpočet pH vzorky	
Úloha B3.6	Nameraná hodnota pH	
Porovnajite výsledky fotometrického a pH-metrického stanovenia (vyberte správnu možnosť podľa vášho výsledku):		
<input type="checkbox"/> Výsledky sú v dobrej zhode (rozdiel nameraných hodnôt je menší ako 1 jednotka pH)		
<input type="checkbox"/> Výsledky sú v približnej zhode (rozdiel nameraných hodnôt je medzi 1 a 2 jednotkami pH)		
<input type="checkbox"/> Výsledky stanovení sa významne líšia (rozdiel nameraných hodnôt je väčší ako 2 jednotky pH)		

Autori: Ing.Daniel Vašš, Ing. Alena Olexová, Mgr.Ladislav Blaško,
Ing.Martina Gánovská, Ing.Anna Ďuricová, PhD.

Recenzenti: Ing.Daniel Vašš, Ing.Alena Olexová, Ing.Juraj Malinčík
Ing. Jozef Urban, Ing. Martina Gánovská,

Redakčná úprava: Ing.Anna Ďuricová, PhD.(vedúca autorského kolektívu)

Slovenská komisia Chemickej olympiády

Vydal: IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2023

