



60. ročník

2023/2024

ŠKOLNÍ KOLO

Kategorie B

Praktická část – Zadání

40 bodů



PRAKTICKÁ ČÁST

40 BODŮ**Autor****Mgr. Radek Matuška***Střední průmyslová škola chemická Brno, Vranovská, p. o.***Odborná recenze****prof. RNDr. Jan Kotek, Ph.D.***Katedra anorganické chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha***Pedagogická recenze****RNDr. Petr Holzhauser, Ph.D.***Ústav učitelství chemie a humanitních věd, VŠCHT Praha*

Milé soutěžící, milí soutěžící,

praktická část jubilejního 60. ročníku Chemické olympiády kategorie B se bude zabývat analýzou směsí kyselin používaných v průmyslu. Rozšiřuje tedy anorganickou část letošní ChO kat. B, kde se zabýváte kyselinou sírovou, která má své nezastupitelné místo nejen v chemické laboratoři, ale i chemickém průmyslu.

Během praktického řešení úloh se v letošním ročníku setkáte zejména s alkalimetrickými titracemi směsí kyselin (a to jak silných, tak slabých kyselin) a rovněž chelatometrickými titracemi, které mohou být vhodně využity pro stanovení dalších látek v láních pro galvanické pokovování (zejména iontů kovů).

Pozornost věnujte zejména následujícím oblastem volumetrie:

- Alkalimetrické titrace silných jednosytných i vícesytných kyselin.
- Alkalimetrické titrace slabých kyselin.
- Alkalimetrické titrace směsí kyselin.
- Vhodný výběr acidobazických indikátorů pro výše uvedené titrace.
- Přímé chelatometrické stanovení kovových iontů M^{2+} .

Hodit se vám samozřejmě budou i základní teoretické i laboratorní dovednosti, které souvisí s volumetrickou problematikou, konkrétně zejména:

- Správná technika vážení, odměřování objemů a přípravy vzorků pro odměrnou analýzu.
- Správná technika filtrace.
- Základní chemické výpočty týkající se směsí, složení roztoků, látkové bilance apod.
- Vyhodnocení přímých a zpětných titračních stanovení včetně stanovení směsi analytů ve vzorku.
- Bezpečná práce s kyselinami a zásadami.

Přejeme vám příjemné, poučné a inspirativní chvíle v chemické laboratoři a spoustu krásných zážitků při řešení Chemické olympiády.

Autor a recenzenti



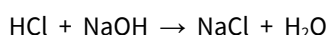
Doporučená literatura:

1. Skoog D. A., West D. M., Holler F. J., Crouch S. R.: Analytická chemie. VŠCHT Praha, 2019. Kapitoly 13, 14, 15, 16 a 17.
2. Holzbecher Z. a kol.: Analytická chemie. SNTL/Alfa, 1974. Str. 56–71, 98–104, 293–307.
3. Bartoš M., Šrámková J.: Analytická chemie I. Univerzita Pardubice, 2004. Dostupné online: <https://meloun.upce.cz/docs/analchem1/skripta.pdf>
4. Záruba K. a kol.: Analytická chemie (1. díl). VŠCHT Praha, 2016. Str. 108–119.
5. Kapitoly ve středoškolských učebnicích, odpovídající tématům ročníku.
6. Vhodným pomocníkem při přípravě mohou být i některé důvěryhodné webové stránky (např. materiály z vysokých škol).

**Úloha 1 Stanovení kyseliny octové a kyseliny chlorovodíkové ve směsi****40 bodů**

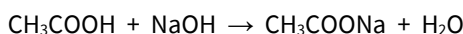
Směs kyseliny chlorovodíkové a kyseliny octové se používá jako rozšířené extrakční médium a jako rozpouštědlo pro širokou škálu kovů. Stanovení těchto dvou kyselin vedle sebe v těchto solventech má proto zásadní význam pro kontrolu kvality v chemickém průmyslu.

Kyselina chlorovodíková (HCl, $M = 36,46 \text{ g mol}^{-1}$) je silná kyselina, která se neutralizuje hydroxidem sodným podle rovnice:



Vzhledem k tomu, že se jedná o silnou kyselinu, je změna pH v okolí bodu ekvivalence dostatečná a pro vizuální indikaci bodu ekvivalence se dá využít jakéhokoliv acidobazického indikátoru, jehož barevný přechod leží v oblasti hodnot pH 4–10 (methyloranž, methylčerveň, Tashiro, fenolftalein apod., viz Tabulka níže).

Kyselina octová (CH_3COOH , $M = 60,05 \text{ g mol}^{-1}$) je slabá kyselina a její neutralizaci je možné popsat následovně:



Vzhledem k tomu, že v bodě ekvivalence je v reakční směsi přítomný pouze octan sodný, leží pH bodu ekvivalence v bazické oblasti. Pro indikaci bodu ekvivalence této titrace je tedy nutné využít indikátor, který má pH barevného přechodu v alkalické oblasti (vhodný je fenolftalein).

Směs těchto kyselin je možné stanovit tak, že se v prvním alikvotu stanoví celková kyselost vzorku na indikátor fenolftalein. V takovém případě fenolftalein indikuje vytitrování obou kyselin přítomných ve vzorku – kyseliny chlorovodíkové i kyseliny octové. Ve druhém alikvotu se provede titrace na methyloranž, která indikuje pouze vytitrování silné kyseliny chlorovodíkové.

Tabulka: Barevné přechody vybraných acidobazických indikátorů

| Indikátor | Oblast přechodu | Zbarvení kyselé formy | Zbarvení bazické formy |
|---------------------|-----------------|-----------------------|------------------------|
| thymolová modř | 1,2–2,8 | červená | žlutá |
| methylžluť | 2,9–4,0 | červená | žlutá |
| bromfenolová modř | 3,0–4,6 | žlutá | purpurová |
| methyloranž | 3,1–4,5 | červená | oranžová |
| bromkresolová zeleň | 3,8–5,4 | žlutá | modrá |
| methylčerveň | 4,2–6,3 | červená | žlutá |
| Tashiro | 5,2–5,6 | purpurová | zelená |
| bromthymolová modř | 6,0–7,6 | žlutá | modrá |
| fenolftalein | 8,0–9,8 | bezbarvá | růžovo-fialová |
| thymolftalein | 9,3–10,5 | bezbarvá | modrá |

V této úloze provedete:

- Stanovení celkového obsahu kyseliny chlorovodíkové a kyseliny octové ve vzorku na indikátor fenolftalein.
- Stanovení obsahu kyseliny chlorovodíkové ve směsném vzorku na indikátor methyloranž.



Pomůcky

- lihový fix na popisování skla
- papírové utěrky
- stojan, držák a svorka
- odměrná baňka 100 ml se zátkou
- byreta 25 ml
- pipeta nedělená 10 ml
- pipetovací balonek či pipetovací nástavec
- kádinka 100 ml (2×)
- kádinka 250 ml
- odměrný válec 100 ml
- plastové kapátko (2×)
- malá nálevka na doplňování byrety
- nálevka hladká menších rozměrů
- titrační baňka 250 ml (3×)
- stříčka s destilovanou vodou

Chemikálie

- směsný vzorek kyseliny chlorovodíkové a kyseliny octové v odměrné baňce
- hydroxid sodný, 0,1M odměrný roztok (přesná koncentrace bude sdělena organizátory)
- fenolftalein, 0,1% roztok v ethanolu
- methylovanž, 0,1% vodný roztok
- destilovaná voda

Pracovní postup

Stanovení celkového obsahu kyseliny chlorovodíkové a kyseliny octové na indikátor fenolftalein

- Vzorek směsi kyseliny chlorovodíkové a octové v odměrné baňce o objemu 100,0 ml doplňte destilovanou vodou po rysku a roztok v odměrné baňce řádně promíchejte.
- Byretu naplňte odměrným roztokem hydroxidu sodného.
- Do titrační baňky odpipetujte 10,00 ml zředěného vzorku obou kyselin a zředte jej přibližně 50 ml destilované vody.
- Ke směsi v titrační baňce přidejte 5 kapek roztoku fenolftaleinu jako indikátoru.
- Takto připravenou směs v titrační baňce titrujte odměrným roztokem hydroxidu sodného z byrety proti bílému pozadí z bezbarvého do prvního stálého světle růžového zbarvení.
- Spotřebu odměrného roztoku hydroxidu sodného zaznamenejte.
- Titraci proveďte nejméně 3×. Jednotlivé spotřeby by se vám neměly výrazně lišit.

Stanovení obsahu kyseliny chlorovodíkové na indikátor methylovanž

- Do titrační baňky odpipetujte 10,00 ml v předchozím postupu připraveného zředěného vzorku obou kyselin a zředte jej přibližně 50 ml destilované vody.
- Ke směsi v titrační baňce přidejte 3 kapky roztoku methylovanže jako indikátoru.
- Takto připravenou směs v titrační baňce titrujte odměrným roztokem hydroxidu sodného z byrety proti bílému pozadí z růžovočerveného do světle oranžového zbarvení bez odstínu růžové.
- Spotřebu odměrného roztoku hydroxidu sodného zaznamenejte.
- Titraci proveďte nejméně 3×. Jednotlivé spotřeby by se vám neměly výrazně lišit.



Vyhodnocení a otázky (vypracujte do pracovního listu)

- 1) Do tabulky v pracovním listu uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku hydroxidu sodného při titraci celkového obsahu obou kyselin ve vzorku na indikátor fenolftalein a запиšte přijatou hodnotu spotřeby.
- 2) Vypočítejte celkové látkové množství obou kyselin v předloženém vzorku směsi HCl a CH₃COOH v odměrné baňce.
- 3) Do tabulky v pracovním listu uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku hydroxidu sodného při titraci obsahu kyseliny chlorovodíkové ve vzorku na indikátor methyloranž a запиšte přijatou hodnotu spotřeby.
- 4) Vypočítejte látkové množství kyseliny chlorovodíkové v předloženém vzorku směsi HCl a CH₃COOH v odměrné baňce.
- 5) Vypočítejte kolik gramů HCl a CH₃COOH obsahoval váš předložený vzorek kyselin v odměrné baňce.
- 6) Uveďte, jak byste připravili 2000 ml příslušné směsi kyselin o stejné koncentraci, jakou jste měli po doplnění ve 100ml odměrné baňce. Vypočítejte a) pipetované objemy a b) navrhněte pracovní postup ředění. Kyselina chlorovodíková je komerčně dostupná jako vodný roztok obsahující 35 % hm. HCl (hustota tohoto 35% roztoku činí 1,18 g cm⁻³). Kyselina octová je komerčně dostupná jako vodný roztok obsahující 99 % hm. CH₃COOH (hustota tohoto roztoku činí 1,05 g cm⁻³).
- 7) Uveďte aspoň jeden další indikátor, který by se dal použít pro (a) stanovení celkového obsahu obou kyselin a (b) pro stanovení obsahu kyseliny chlorovodíkové v naší směsi. Váš výběr zdůvodněte.
- 8) Vysvětlíte (slovně i chemickou rovnicí), proč je roztok octanu sodného slabě bazický.

**PRACOVNÍ LIST****40 BODŮ****Úloha 1 Stanovení kyseliny octové a kyseliny chlorovodíkové ve směsi****40 bodů**

- 1) Do tabulky v pracovním listu uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku hydroxidu sodného při titraci celkového obsahu obou kyselin ve vzorku na indikátor fenolftalein a запиšte přijatou hodnotu spotřeby.

Spotřeby odměrného roztoku hydroxidu sodného:

| V_1 (NaOH) / ml | V_2 (NaOH) / ml | V_3 (NaOH) / ml | V_4 (NaOH) / ml | $V_{\text{přijata}}$ (NaOH) / ml |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|
| | | | | |

body:

- 2) Vypočítejte celkové látkové množství obou kyselin v předloženém vzorku směsi HCl a CH₃COOH v odměrné baňce.

Výpočty:

 $n(\text{HCl} + \text{CH}_3\text{COOH}) =$ mmol
body:



- 3) Do tabulky v pracovním listu uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku hydroxidu sodného při titraci obsahu kyseliny chlorovodíkové ve vzorku na indikátor methyloranž a запиште přijatou hodnotu spotřeby.

Spotřeby odměrného roztoku hydroxidu sodného:

| V_1 (NaOH) / ml | V_2 (NaOH) / ml | V_3 (NaOH) / ml | $(V_4$ (NaOH)) / ml | $V_{\text{přijata}}$ (NaOH) / ml |
|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|----------------------------------|
| | | | | |

body:

- 4) Vypočítejte látkové množství kyseliny chlorovodíkové v předloženém vzorku směsi HCl a CH₃COOH v odměrné baňce.

Výpočty:

$n(\text{HCl}) =$ mmol

body:



5) Vypočítejte kolik gramů HCl a CH₃COOH obsahoval váš předložený vzorek kyselin v odměrné baňce.

Výpočty:

$m(\text{HCl}) =$ g

$m(\text{CH}_3\text{COOH}) =$ g

body:



- 6) Uveďte, jak byste připravili 2000 ml příslušné směsi kyselin o stejné koncentraci, jakou jste měli po doplnění ve 100ml odměrné baňce. Vypočítejte a) pipetované objemy a b) navrhněte pracovní postup ředění. Kyselina chlorovodíková je komerčně dostupná jako vodný roztok obsahující 35 % hm. HCl (hustota tohoto 35% roztoku činí $1,18 \text{ g cm}^{-3}$). Kyselina octová je komerčně dostupná jako vodný roztok obsahující 99 % hm. CH_3COOH (hustota tohoto roztoku činí $1,05 \text{ g cm}^{-3}$).

Výpočty:

$V(35\% \text{ HCl}) =$ cm^3

$V(99\% \text{ CH}_3\text{COOH}) =$ cm^3

Navržený pracovní postup přípravy:

body:



7) Uveďte aspoň jeden další indikátor, který by se dal použít pro (a) stanovení celkového obsahu obou kyseliny a (b) pro stanovení obsahu kyseliny chlorovodíkové v naší směsi. Váš výběr zdůvodněte.

Vhodný indikátor pro stanovení obou kyselin:

Vhodný indikátor pro stanovení kyseliny chlorovodíkové:

Zdůvodnění výběrů:

body:

8) Vysvětlíte (slovně i chemickou rovnicí), proč je roztok octanu sodného slabě bazický.

Vysvětlení:

Rovnice:

body: