

**Karta pracy (5) – II LO / chem.r – Reakcje w roztworach wodnych – Reakcje zobojętniania****i roztwory buforowe / bufory. Nazwisko i imię: .....**

❖ Wiadomości wprowadzające:

- reakcje zobojętniania – reakcje wymiany podwójnej zachodząca między kwasem a zasadą,
- kwas + zasada  $\leftrightarrow$  sól + woda (reakcja jest odwracalna, jeżeli powstająca sól ulega hydrolizie, jest nieodwracalna jeżeli powstająca sól ulega wytrąceniu w postaci praktycznie nierozpuszczalnej,
- istotą reakcji jest powstawanie niezdysocjowanych cząsteczek wody:  $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$
- ✓ reakcje zobojętnia przebiegają również w reakcji zasad po wprowadzeniu tlenku kwasowego:
  - $2 NaOH_{(aq)} + N_2O_5 \rightarrow 2 NaNO_3 + 2 H_2O$
  - $2 Na^+ + 2 OH^- + N_2O_5 \rightarrow 2 Na^+ + 2 NO_3^- + H_2O$
  - $2 OH^- + N_2O_5 \rightarrow 2 NO_3^- + H_2O$
- ✓ reakcji kwasu z tlenkami zasadowymi:
  - $2 HCl + K_2O \rightarrow 2 KCl + 2 H_2O$
  - $2 H^+ + 2 Cl^- + K_2O \rightarrow 2 K^+ + 2 Cl^- + H_2O$
  - $2 H^+ + K_2O \rightarrow 2 K^+ + H_2O$
- ✓ reakcje wymiany pojedynczej: metal + kwas – rugowania:
  - $2 K + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + H_2$
  - $2 K + 2 H^+ + SO_4^{2-} \rightarrow 2 K^+ + SO_4^{2-} + H_2 \uparrow$
  - $2 K + 2 H^+ \rightarrow 2 K^+ + H_2 \uparrow$(jest to reakcja nie odwracalna ponieważ wodór opuszcza układ),
- ✓ w przypadku zasad wielowodorotlenkowych:  $(MeOH)_m$  gdzie  $m \neq 1$  lub kwasów wieloprotonowych  $H_nR$  produktem reakcji mogą być odpowiednio:

○ **hydroksosole:**

- $HCl + Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(OH)Cl + H_2O$
- $H^+ + Cl^- + Ca(OH)^+ + OH^- \rightarrow Ca(OH)^+ + Cl^- + H_2O$  / odczyn wodnego roztworu zasadowy
- $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$

○ **wodorosole:**

- $H_2SO_4 + KOH \rightarrow KHSO_4 + H_2O$
- $2 H^+ + SO_4^{2-} + K^+ + OH^- \rightarrow K^+ + HSO_4^- + H_2O$  / odczyn wodnego roztworu kwasowy
- $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$
- reakcje zobojętnia stosowane są w analityce laboratoryjnej – **mianowania / miareczkowania**, chemicznej technice analizy ilościowej polegająca na kontrolowanym dodawaniu np. z biurety roztworu o znanym stężeniu, **tzw. titranta**, do roztworu badanego zawierającego **analit**, obserwacja zmian zachodzących wobec indykatora (wskaźnika kwasowo-zasadowego) podczas procesu pozwala określić stężenie danej substancji w **analizie**,
- Uwaga: w zadaniach przykładowych i zadaniach do samodzielnego wykonania reakcje przebiegają z udziałem mocnych elektrolitów ( stopień dysocjacji  $\alpha = 1$  (100%), przykładowe zadania z użyciem elektrolitów o różniących się mocą zamieszczone są na stronie „Chemia w VII LO” w zakładce – Matematyka w chemii – Analiza objętościowa (miareczkowania cz. I i II).

**Przykładowe zadania:**

- 1 Do zmiareczkowania w obecności fenoloftaleiny  $20 \text{ cm}^3$  roztworu zasady barowej o nieznanym stężeniu (analit) zużyto  $8,4 \text{ cm}^3$  roztworu kwasu chlorowodorowego o stężeniu  $0,5 \text{ mol/dm}^3$  (titrant). Oblicz stężenie molowe roztworu zasady barowej.

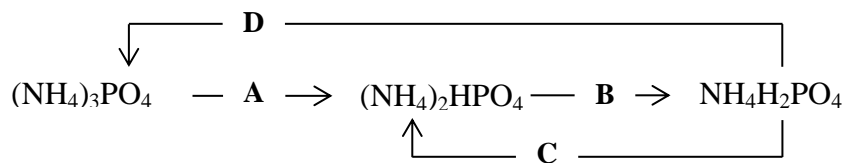
❖ Rozwiązanie:

- $Ba^{2+} + 2 OH^- + 2 H^+ + 2 Cl^- \rightarrow Ba^{2+} + 2 Cl^- + 2 H_2O$
- obliczenie liczby moli kationów wodorowych w roztworze kwasu HCl:
- ✓  $n_{H^+} = V_r \cdot C_m = 0,0084 \text{ dm}^3 \cdot 0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} = 0,0042 \text{ mol}$
- z równania reakcji wynika, że 1 mol  $Ba(OH)_2$  jest zobojętniany przez 2 mole HCl, jeżeli zaszła reakcja zobojętnia, to należy przyjąć, że przy  $\alpha = 1$
- ✓  $n_{H^+} = n_{OH^-}$ ;  $\frac{1}{2} n_{H^+} = \frac{1}{2} n_{OH^-} = n_{Ba^{2+}} = n_{Ba(OH)_2} = \frac{1}{2} \cdot 0,0042 \text{ mol} = 0,0021 \text{ mol}$
- obliczenie stężenia molowego roztworu zasady
- ✓  $V_r = 0,02 \text{ dm}^3$ ,  $n = 0,0021 \text{ mol}$
- ✓  $C_m = \frac{n}{V_r} = \frac{0,0021 \text{ mol}}{0,02 \text{ dm}^3} = 0,105 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$

2	<p>Do zobojętnienia 25 cm<sup>3</sup> kwasu azotowego(V) o nieznanym stężeniu zużyto 5 cm<sup>3</sup> zasady potasowej o pH = 12,5 z dodatkiem fenoloftaleiny, .</p> <p>❖ <b>Rozwiązanie:</b></p> <p>➤ w pierwszej kolejności należy obliczyć stężenie molowe użytego titranta wykorzystując zależności:</p> <p>✓ <math>pOH = 14 - pH = 14 - 12,5 = 1,5</math></p> <p>✓ przy <math>\alpha = 1</math>; <math>C_m = [OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-1,5} = 0,32 \cdot 10^{-1} = 0,032 \text{ mol/dm}^3</math> (na podstawie tablic logarytmicznych)</p> <p>➤ obliczenie liczby moli titranta <math>KOH = OH^-</math> w roztworze:</p> <p>✓ <math>n_{KOH} = n_{OH^-} = V_r \cdot C_m = 0,005 \text{ dm}^3 \cdot 0,032 \text{ mol/dm}^3 = 0,00016 \text{ mol}</math></p> <p>➤ <math>H^+ + NO_3^- + K^+ + OH^- = K^+ + NO_3^- + H_2O</math>, na podstawie równania wynika, że 1 mol kwasu jest zobojętniany przez 1 mol zasady potasowej, stąd:</p> <p>✓ <math>n_{KOH} = n_{HNO_3} = 0,00016 \text{ mol}</math></p> <p>✓ <math>C_m = \frac{n}{V_r} = \frac{0,00016 \text{ mol}}{0,025 \text{ dm}^3} = 0,0064 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}</math></p>
3	<p>Czy zaszła reakcja zobojętnienia, jaka sól powstanie, po wymieszaniu 15 cm<sup>3</sup> roztworu o stężeniu 0,2 mol/dm<sup>3</sup> zasady barowej i 12 cm<sup>3</sup> roztworu kwasu fosforowego(V) o stężeniu 0,5 mol/dm<sup>3</sup>.</p> <p>❖ <b>Rozwiązanie:</b></p> <p>➤ obliczenie liczby moli substratów w roztworach:</p> <p>✓ <math>n_{zasady} = V_r \cdot C_m = 0,015 \text{ dm}^3 \cdot 0,2 \text{ mol} = 0,003 \text{ mol}</math></p> <p>✓ <math>n_{kwasu} = V_r \cdot C_m = 0,012 \text{ dm}^3 \cdot 0,5 \text{ mol} = 0,006 \text{ mol}</math></p> <p>✓ substraty mogą reagować w stosunkach stechiometrycznym zasada : kwasu / 3 : 2 → sól prosta; 1 : 1 → wodorosól lub 1 : 2 → dwuwodorosól, w powyższym zadaniu stosunek wynosi 1 : 2:</p> <p>✓ <math>Ba(OH)_2 + 2 H_3PO_4 \rightarrow Ba(H_2PO_4)_2 + 2 H_2O</math></p> <p>✓ <math>Ba^{2+} + 2 OH^- + 2 H^+ + 2 H_2PO_4^- \rightarrow Ba^{2+} + 2 H_2PO_4^- + 2 H_2O</math> (wodorosole są dobrze rozpuszczalne w wodzie)</p> <p>✓ <math>H^+ + OH^- \rightarrow H_2O</math></p> <p>✓ <b>reakcja zobojętnienia częściowego.</b></p>
4	<p>Oblicz, ile cm<sup>3</sup> roztworu kwasu chlorowodorowego o stężeniu 1,25 mol/dm<sup>3</sup> należy użyć, aby odważyć 3,9 g wodorotlenku glinu przeprowadzić do roztworu w postaci chlorku dwuhydroksoglinu.</p> <p>❖ <b>Rozwiązanie:</b></p> <p>➤ równanie reakcji: <math>Al(OH)_3 + H^+ + Cl^- \rightarrow [Al(OH)_2]^+ + Cl^- + H_2O</math></p> <p>➤ na podstawie równania 1 mol kwasu przeprowadza 1 mol wodorotlenku w dwuhydroksosól</p> <p>➤ obliczenie liczby moli wodorotlenku:</p> <p>✓ <math>n = m : M = 3,9 \text{ g} : 78 \text{ g/mol} = 0,05 \text{ mol}</math>, jest jednocześnie niezbędna liczba moli kwasu HCl w roztworze,</p> <p>➤ <math>V_{HCl} = \frac{n}{C_m} = \frac{0,05 \text{ mol}}{1,25 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}} = 0,04 \text{ dm}^3 = 40 \text{ cm}^3</math> (reakcja częściowego zobojętnienia <math>HCl_{(aq)}</math>)</p>
5	<p>Zapisz równania jonowe przemian chemicznych przedstawionych na poniższym chemografie, w każdym równaniu należy dobrać drugi substrat reakcji, rozważ różne metody .</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>❖ <b>Rozwiązanie:</b></p> <p>➤ <b>przemiana A:</b></p> <p>✓ <math>Ba_3(PO_4)_2 + 2 H^+ + HPO_4^{2-} \rightarrow 3 Ba^{2+} + 3 HPO_4^{2-}</math> / użyto <math>H_3PO_4</math></p> <p>✓ <math>Ba_3(PO_4)_2 + Ba^{2+} + 2 H^+ + 2 HPO_4^- \rightarrow 4 Ba^{2+} + 4 HPO_4^{2-}</math> / użyto <math>Ba(H_2PO_4)_2</math></p> <p>➤ <b>przemiana B:</b></p> <p>✓ <math>Ba^{2+} + HPO_4^{2-} + H^+ + H_2PO_4^- \rightarrow Ba^{2+} + 2 H_2PO_4^-</math> / użyto <math>H_3PO_4</math></p> <p>➤ <b>przemiana C:</b></p> <p>✓ <math>Ba^{2+} + 2 H_2PO_4^- + Ba \rightarrow 2 Ba^{2+} + 2 HPO_4^{2-} + H_2 \uparrow</math> / użyto <math>Ba</math></p> <p>✓ <math>Ba^{2+} + 2 OH^- + Ba^{2+} + 2 H^+ + 2 HPO_4^- \rightarrow 2 Ba^{2+} + 2 HPO_4^- + 2 H_2O</math> / użyto <math>Ba(OH)_2</math></p> <p>✓ <math>BaO + Ba^{2+} + 2 H^+ + 2 HPO_4^- \rightarrow 2 Ba^{2+} + 2 HPO_4^- + 2 H_2O</math> / użyto <math>BaO</math></p> <p>➤ <b>przemiana D:</b> identycznie jak przemiana C lecz w innych stosunkach stechiometrycznych</p>

***Zadania do samodzielnego wykonania:***

1	Zapisz <b>równania jonowe</b> przemian chemicznych przedstawionych na poniższym chemografie, w każdym równaniu należy dobrać drugi substrat reakcji, rozważ różne metody .
---	--



2	Do zmiareczkowania w obecności fenoloftaleiny <b>20 cm<sup>3</sup> roztworu wody amoniakalnej (NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O)</b> o nieznanym stężeniu (analit) zużyto <b>17,5 cm<sup>3</sup> roztworu kwasu octowego CH<sub>3</sub>-COOH</b> o stężeniu <b>2 mol/dm<sup>3</sup></b> (titrant).
---	---

Oblicz stężenie molowe roztworu wody amoniakalnej.

### Informacja do zadań 4 – 6

- ❖ Bufory / roztwory buforowe / mieszanina buforowe:
  - roztwory słabych kwasów i ich soli o dowolnych stężeniach, nie zależne od siebie, zmienne,
  - roztwory słabych zasad i ich soli, o dowolnych stężeniach, nie zależne od siebie, zmienne,
  - roztwory wodorosoli (np.:  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ),
  - wg. teorii kwasów i zasad Brønsteda i Lowry'ego buforami są roztwory:
    - ✓ słabych kwasów i sprzężonych z nimi zasadami:  $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$ ;  $\text{HCOOH} / \text{HCOO}^-$ ;  $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$ ;  $\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-}$ ;  $\text{HPO}_4^{2-} / \text{PO}_4^{3-}$ ;
    - ✓ słabych zasad i sprzężonych z nimi kwasów:  $\text{NH}_3 / \text{NH}_4^+$
- roztwory buforowe charakteryzują się określonym stężeniem jonów wodorowych, służą do utrzymania stałej kwasowości roztworów oraz jej kontroli tj:
  - ✓ praktycznie zachowują stałe stężenie kationów wodorowych w trakcie rozcieńczania roztworu,
  - ✓ nie wielka zmiana stężenia kationów wodorowych po dodaniu do roztworu niewielkiej ilości mocnego kwasu lub mocnej zasady (*ilości mniejsze niż stężenie składników buforu, kwasowość roztworu buforowego nie powinna zmienić się więcej niż o jednostkę pH*)
- ważniejsze roztwory buforowe i zakres pH:
  - ✓ bufony octanowe:  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$  /  $\text{pH} = 3,5 - 6$ ,
  - ✓ bufony amonowe:  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$  /  $\text{pH} = 8 - 11$ ,
  - ✓ bufony fosforanowe:  $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$  /  $\text{pH} = 5,5 - 8$
  - ✓ bufony boranowe:  $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  /  $\text{pH} = 7 - 9$
- działanie roztworu buforowego  $\text{HR} + \text{NaR}$  (słaby kwas + jego sól):
- $\text{HR} + \text{R}^- + \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{R}^- + \text{H}_2\text{O}$  /  $\text{H}^+ + \text{R}^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{R}^- + \text{H}_2\text{O}$  / wprowadzenie małej ilości roztworu mocnej zasady praktycznie nie zmienia pH roztworu, ponieważ aniony  $\text{OH}^-$  są neutralizowane przez kationy wodorowe powstające w wyniku dysocjacji kolejnych cząsteczek słabego kwasu,
- $\text{HR} + \text{R}^- + \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{HR}$  /  $\text{R}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{HR}$  / wprowadzenie małej ilości roztworu mocnego kwasu praktycznie nie zmienia pH roztworu, ponieważ wprowadzone kationy  $\text{H}^+$  cofają w lewo dysocjację słabego kwasu,
- analogiczne procesy zachodzą w przypadku buforu będącego mieszaniną: słaba zasada + jej sól

4	W oparciu o powyższe informacje (teoria kwasów i zasad Brønsteda i Lowry`ego) zapisz równania reakcji w formie jonowej i jonowej skróconej zachodzących w poniższych roztworach buforowych po wprowadzeniu do nich niewielkiej ilości mocnej zasady, mocnego kwasu:
---	---

a) bufor amonowy; b) bufor fosforanowy; c) bufor octanowy; d) roztwór wodorowęglanu sodu:

This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of small, equal-sized squares formed by thin, light gray lines. There are no margins, text, or other markings on the page.

*Informacja uzupełniająca do zadań 5 – 8.*

- Miareczkowanie mocnego kwasu (HR) można prowadzić przy użyciu słabej zasady (MeOH), mieszania miareczkowana na pewnym stopniu zaawansowania zachowuje się jak roztwór buforowy, ponieważ powstająca sól ulega hydrolizie, jest to **punkt równoważnikowy / PR**, w którym stężenie hydrolizującej soli jest stechiometrycznie równe ilości wprowadzonej zasady.
- Analogiczne zjawisko występuje w przypadku miareczkowania mocnej zasady (MeOH) słabym kwasem, w **punkcie równoważnikowym / PR** stężenie hydrolizującej soli jest stechiometrycznie równe ilości wprowadzonego kwasu (HR).
- W **punkcie równoważnikowym / PR** mieszania analitu i titranta osiąga  $\text{pH} = 7$ , stężenie kationów wodorowych jest wypadkową stałej dysocjacji elektrolitów i ich stężeń w roztworze buforowym.
  - ✓  $K_a$  – stała dysocjacji kwasu,
  - ✓  $K_b$  - stała dysocjacji zasady,
  - ✓ HR – kwas jednoprotonowy,
  - ✓ MeOH – zasada jednowodorotlenkowa,
  - ✓  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} / \text{NH}_{3(\text{aq})}$  – woda amoniakalna.

5 Do zobojętnienia roztworu kwasu bromowodorowego - HBr użyto roztwór wody amoniakalnej -  $\text{NH}_3(\text{aq})$ .  
W poniższym stwierdzeniu **wybierz i podkreśl** właściwe określenie aby było ono prawdziwe.  
Ilość moli  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  użytych do zobojętnienia kwasu była: *mniejsza / równa / większa niż* ilość moli kwasu w roztworze, ponieważ w powstałym roztworze buforowym powstająca sól  **$\text{NH}_4\text{Br}$**  ulega:  
*dysocjacji elektrolitycznej / hydrolizie kationowej / hydrolizie kationowo-anionowej / hydrolizie anionowej.*

6 Do zobojętnienia roztworu kwasu octowego -  $\text{CH}_3\text{COOH}$  użyto roztwór wody amoniakalnej  $\text{NH}_3(\text{aq})$ . W poniższym stwierdzeniu **wybierz i podkreśl** właściwe określenie aby było ono prawdziwe. Ilość moli  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  w roztworze użytych do zobojętnienia roztworu kwasu była: **większa / praktyczne równa / mniejsza niż** ilość moli kwasu w roztworze, ponieważ w powstałym roztworze buforowym powstająca sól  $\text{NH}_4\text{Br}$  ulega: **hydrolizie anionowej / hydrolizie kationowej / hydrolizie kationowo-anionowej/ dysocjacji elektrolitycznej**, a  $K_a > K_b$  /  $K_a \approx K_b$  /  $K_a < K_b$ .

7	<p>Do zobojętnienia roztworu chlorowodorowego (HCl) użyto roztwór NaOH<sub>(aq)</sub></p> <p>W poniższym stwierdzeniu <b>wybierz i podkreśl</b> właściwe określenie aby było ono prawdziwe.</p> <p>Ilość moli <b>NaOH</b> w roztworze użytych do zobojętnienia kwasu była: <b>większa / praktycznie równa / mniejsza niż</b> ilość moli kwasu w roztworze, ponieważ w powstałym roztworze powstająca sól <b>NaCl</b> ulega <b>hydrolizie anionowej / hydrolizie kationowej / hydrolizie kationowo-anionowej/ dysocjacji elektrolitycznej</b>, a <math>K_a &gt; K_b</math> / <math>K_a &lt; K_b</math> / <math>K_a \approx K_b</math>.</p>
---	---

8 Do zobojętnienia roztworu wody amoniakalnej ( $\text{NH}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) użyto roztwór kwasu  $\text{HCl}$ .  
W poniższym stwierdzeniu **wybierz i podkreśl** właściwe określenie aby było ono prawdziwe.  
Ilość moli kwasu  $\text{HCl}$  użytych do zobojętnienia roztworu  $\text{NH}_{3(\text{aq})}$  była: *mniejsza / równa / większa niż* ilość moli  $\text{NH}_{3(\text{aq})}$  w roztworze, ponieważ w powstałym roztworze buforowym powstająca sól  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ulega: *dysocjacji elektrolitycznej / hydrolizie kationowej / hydrolizie kationowo-anionowej / hydrolizie anionowej*.

## Notatki

A large grid of graph paper with 20 columns and 15 rows. The grid is composed of small squares, with a slightly larger square at the top left corner, likely for a title or header. The grid is used for graphing or drawing.