Kurs zadaniowy z chemii

Maturalis i Kamil Kaznowski

Lekcja 11/25 – 27 stycznia 2023 r.

Temat: pH wodnych roztworów elektrolitów – część 2

Zadanie 1.

Przygotowano wodny roztwór etyloaminy o stężeniu 0,4 mol · dm^{-3} w temperaturze 298 K. W roztworze zaszła reakcja przeniesienia protonu opisana równaniem:

$$CH_3CH_2NH_2 + H_2O \rightleftarrows CH_3CH_2NH_3^+ + OH^-$$

Stan równowagi pomiędzy zasadą według teorii Brønsteda–Lowry'ego $CH_3CH_2NH_2$ i sprzężonym z nią kwasem $CH_3CH_2NH_3^+$ opisuje wyrażenie:

$$K_b = \frac{[CH_3CH_2NH_3^+]\cdot[OH^-]}{[CH_3CH_2NH_2]}$$

$K_b = 5{,}0 \cdot 10^{-4}$

Oblicz pH wodnego roztworu etyloaminy oraz procent cząsteczek etyloaminy, które uległy protonowaniu (stopień sprotonowania). Przyjmij, że (w opisanych warunkach) reakcji ulega mniej niż 5% wprowadzonych do wody cząsteczek etyloaminy. Wyniki końcowe zaokrąglij do pierwszego miejsca po przecinku.

Obliczenia:

Zadanie 2.

Kwas siarkowy(VI) w temperaturze pokojowej jest oleistą cieczą o gęstości prawie dwukrotnie większej niż gęstość wody. Czysty, bezwodny kwas siarkowy(VI) ulega częściowej autodysocjacji, dzięki czemu przewodzi prąd elektryczny.

W wyniku reakcji kwasu siarkowego(VI) z wodorotlenkiem sodu, w której stosunek molowy substratów jest równy 1 : 1, powstaje wodorosiarczan(VI) sodu. Wodny roztwór wodorosiarczanu(VI) sodu charakteryzuje się kwasowym odczynem, ponieważ jony obecne w roztworze ulegają reakcji zgodnie z poniższym równaniem:

$$HSO_4^-(aq) + H_2O \rightleftarrows SO_4^{2-}(aq) + H_3O^+(aq)$$

Stała równowagi opisanej reakcji w temperaturze T jest równa $1{,}0 \cdot 10^{-2}$.

Rozpuszczono 0,600 g $NaHSO_4$ w wodzie i otrzymano 100 cm^3 roztworu o temperaturze T. W tym roztworze reakcji z wodą uległo znacznie więcej niż 5% jonów wodorosiarczanowych(VI).

Oblicz pH tego roztworu. Wynik końcowy podaj z dokładnością do trzeciego miejsca po przecinku.

Obliczenia:

Zadanie 3.

Jon CH_3COO^- występujący w wodnym roztworze octanu sodu jest niezbyt mocną zasadą Brønsteda, która reaguje z cząsteczką wody zgodnie z równaniem:

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + OH^-$$

Równowagę tej reakcji opisuje stała dysocjacji zasadowej K_b, wyrażona następującym równaniem:

$$K_b = \frac{[CH_3COOH]\cdot[OH^-]}{[CH_3COO^-]}$$

Iloczyn stałej dysocjacji kwasowej K_a kwasu CH_3COOH i stałej dysocjacji zasadowej K_b sprzężonej z nim zasady CH_3COO^- jest równy iloczynowi jonowemu wody: $K_a \cdot K_b = K_w$. W temperaturze 25 °C iloczyn jonowy wody jest równy $K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$.

Na podstawie: J. Minczewski, Z. Marczenko, *Chemia analityczna. Podstawy teoretyczne i analiza jakościowa*, Warszawa 2001 oraz pr. zb. pod red. Z. Galusa, *Ćwiczenia rachunkowe z chemii analitycznej*, Warszawa 2006.

Oblicz pH wodnego roztworu octanu sodu o stężeniu 0,05 $mol \cdot dm^{-3}$ w temperaturze 25 °C. Przyjmij, że reakcji z wodą ulega mniej niż 5% anionów octanowych.

Obliczenia:

Zadanie 4.
Oblicz pH wodnego roztworu azotanu(III) sodu o stężeniu 0,07 mol/dm^3.

Obliczenia:

Zadanie 5.

Pewna amina w roztworze wodnym ulega przemianie zgodnie z poniższym równaniem:

$$RNH_2 + H_2O \rightleftarrows RNH_3^+ + OH^-$$

Przygotowano wodny roztwór tej aminy w temperaturze 25 °C. W otrzymanym roztworze stopień dysocjacji aminy jest równy 3,1%, a pH tego roztworu wynosi 12,2.

Oblicz stałą dysocjacji zasadowej K_b tej aminy w temperaturze 25 °C, a następnie wybierz i podkreśl jej wzór.

Obliczenia:

Wzór: $CH_3CH_2CH_2NH_2$ $(CH_3)_3N$ $CH_3CH_2NH_2$ $(CH_3)_2NH$

Zadanie 6.

Odmierzono 10,0 cm^3 kwasu solnego o stężeniu c = 10,0% masowych i gęstości d = 1,05 g · cm^{-3}, a następnie rozcieńczono ten kwas wodą destylowaną do objętości 750 cm^3.

Na podstawie: J. Sawicka, A. Janich-Kilian, W. Cejner-Mania, G. Urbańczyk, *Tablice chemiczne*, Gdańsk 2015.

Oblicz pH otrzymanego roztworu. Wynik końcowy zaokrąglij do pierwszego miejsca po przecinku.

Obliczenia:

Zadanie 7.

Wodorotlenek wapnia jest mocną zasadą, która dysocjuje w roztworach wodnych zgodnie z równaniem:

$$Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$$

Nasycony w temperaturze 25 °C wodny roztwór wodorotlenku wapnia ma pH równe 12,6.

Na podstawie: T. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Warszawa 2003.

Oblicz, ile miligramów wodorotlenku wapnia znajduje się w 100 gramach nasyconego w temperaturze 25 °C wodnego roztworu tego wodorotlenku. Przyjmij, że w opisanych warunkach gęstość roztworu jest równa 1,00 g·cm^{-3} oraz że masa molowa wodorotlenku wapnia jest równa M = 74 g·mol^{-1}. Wynik zaokrąglij do jedności.

Obliczenia:

Zadanie 8.

Badano kinetykę reakcji utleniania jonów bromkowych jonami bromianowymi(V) w środowisku kwasowym, która przebiega zgodnie z równaniem:

$$5Br^- + BrO_3^- + 6H^+ \rightarrow 3Br_2 + 3H_2O$$

Na podstawie pomiarów kinetycznych ustalono następującą zależność między szybkością tej reakcji a stężeniami reagentów: $v = k \cdot [Br^-] \cdot [BrO_3^-] \cdot [H^+]^2$

Oblicz, jak zmieni się szybkość opisanej reakcji, jeżeli początkowe pH roztworu będzie wyższe o $0,3$.

Obliczenia:

Zadanie 9.

W temperaturze 25 °C przygotowano 200 cm^3 wodnego roztworu kwasu octowego o stężeniu 0,10 $mol \cdot dm^{-3}$.

Oblicz, do jakiej objętości należy rozcieńczyć przygotowany roztwór, aby stopień dysocjacji kwasu był równy 4 %.

Obliczenia:

Zadanie 10.

W praktyce analitycznej stosuje się roztwory zawierające mieszaninę dwóch kwasów lub zasad. Jeżeli roztwór zawiera mieszaninę dwóch słabych kwasów jednoprotonowych, można przyjąć z pewnym przybliżeniem, że stężenie jonów hydroniowych w tym roztworze jest równe:

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_{aI} \cdot c_I + K_{aII} \cdot c_{II}}$$

gdzie:

K_{aI} i K_{aII} – stałe dysocjacji kwasów

c_I i c_{II} – stężenia kwasów w otrzymanej mieszaninie.

Na podstawie: A. Hulanicki, *Reakcje kwasów i zasad w chemii analitycznej*, Warszawa 1992.

W temperaturze T zmieszano 50,0 cm^3 wodnego roztworu kwasu metanowego (mrówkowego) o stężeniu 0,10 $mol \cdot dm^{-3}$ z 50,0 cm^3 wodnego roztworu kwasu etanowego (octowego) o stężeniu 0,10 $mol \cdot dm^{-3}$. W temperaturze T stała dysocjacji kwasu metanowego jest równa $1{,}77 \cdot 10^{-4}$, a stała dysocjacji kwasu etanowego wynosi $1{,}75 \cdot 10^{-5}$.

Na podstawie: R. Morrison, R. Boyd, *Chemia organiczna*, Warszawa 1985.

Oblicz pH otrzymanego roztworu. W obliczeniach przyjmij, że objętość powstałego roztworu jest sumą objętości roztworów wyjściowych. Wynik końcowy zaokrąglij do pierwszego miejsca po przecinku.

Obliczenia:

Zadanie 11.

Roztwory zawierające porównywalne liczby drobin kwasu Brønsteda i sprzężonej z nim zasady nazywane są roztworami buforowymi. Przykładem buforu może być mieszanina roztworu octanu sodu i roztworu kwasu octowego. W takim roztworze ustala się równowaga chemiczna:

$$HA + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + A^-$$

opisywana przez stałą dysocjacji kwasu HA.

Ponieważ

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]},$$

to pH buforu octanowego można z pewnym przybliżeniem obliczyć ze wzoru:

$$pH = -\log K_a + \log\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}.$$

Wartość pH buforu prawie nie zależy od jego stężenia i nieznacznie się zmienia podczas dodawania niewielkich ilości mocnych kwasów lub mocnych zasad.

Zaznacz wzory dwóch związków chemicznych, których roztwory po zmieszaniu w odpowiednim stosunku pozwolą uzyskać roztwór buforowy.

HCl NaOH NH_4Cl NaCl

Zmieszano 100 cm^3 roztworu octanu sodu o stężeniu 0,875 $mol \cdot dm^{-3}$ i 400 cm^3 roztworu kwasu octowego o stężeniu 0,125 $mol \cdot dm^{-3}$. Uzyskano 500 cm^3 roztworu w temperaturze 298 K.

Oblicz pH uzyskanego roztworu buforowego.

Obliczenia:

Zadanie 12.

Do 1,00 dm^3 wody destylowanej wprowadzono 90,0 cm^3 wodnego roztworu kwasu azotowego(V) o stężeniu 5,00 % masowych i gęstości równej 1,03 $g \cdot cm^{-3}$.

Na podstawie: W. Sawicka, A. Janich-Kilian, W. Cejner-Mania, G. Urbańczyk, *Tablice chemiczne*, Gdańsk 2015.

Oblicz pH otrzymanego roztworu kwasu azotowego(V). W obliczeniach przyjmij, że objętość powstałego roztworu jest sumą objętości użytych roztworu i wody. Wynik zaokrąglij do drugiego miejsca po przecinku.

Obliczenia: