

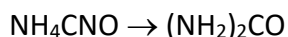
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA im. Stanisława Staszica w KRAKOWIE
OLIMPIADA „O DIAMENTOWY INDEKS AGH” 2020/2021 (XIV edycja)

CHEMIA - ETAP III

UWAGA: za każde zadanie można otrzymać maksymalnie 20 punktów

1. Miedź tworzy stopy z różnymi metalami w tym z cynkiem, złotem lub glinem. Belkę takiego dwuskładnikowego stopu, o nieznaney masie, zadano nadmiarem stężonego roztworu kwasu azotowego(V) w wyniku czego wydzieliło się 8,267 dm³ brunatnego gazu. Roztwór po zakończeniu reakcji z HNO₃ oddzielono ilościowo od stałej, jasno-szarej pozostałości, którą to przeniesiono do innego naczynia. Następnie do jednej oraz drugiej części wprowadzono nadmiar stężonego roztworu wodorotlenku sodu. W naczyniu pierwszym zaobserwowano wytrącenie się jasnoniebieskiego osadu, który następnie zaczął się rozpuszczać. W naczyniu drugim, jasno-szara pozostałość uległa całkowitemu rozpuszczeniu, przy czym 94% masowych osadu uległo reakcji z NaOH z jednoczesnym wydzieleniem 0,722 dm³ gazu, natomiast pozostała część przereagowała z roztworem NaOH dając ten sam produkt główny co większość osadu, jednakże bez wydzielania gazu. Objętości wszystkich gazów podano w przeliczeniu na warunki normalne, a liczba koordynacyjna metalu w związkach kompleksowych wynosi 4.
- Zapisz równania wszystkich zachodzących reakcji.
 - Ustal skład chemiczny oraz oblicz zawartość składników stopu w procentach masowych.
 - Oblicz masę stopu.

2. Reakcja izomeryzacji cyjanianu amonu do mocznika jest opisana równaniem:



Reakcja ta, zwana syntezą Wöhlera, jest reakcją II rzędu ze względu na substrat, a jej szybkość zależy tylko od stężenia cyjanianu amonu. Zależność stężenia cyjanianu amonu od czasu przedstawia równanie:

$$\frac{1}{c} - \frac{1}{c_0} = k \cdot t$$

gdzie c_0 oznacza początkowe stężenie substratu, a c – stężenie NH₄CNO po upływie czasu t od rozpoczęcia reakcji.

- Sporządzono 1 dm³ 0,1-molowego roztworu cyjanianu amonu, a następnie w pewnej temperaturze zapoczątkowano reakcję izomeryzacji. Po czasie 10256 sekund stężenie substratu spadło o połowę. Oblicz wartość stałej szybkości reakcji i podaj jej jednostkę.
 - Oblicz stężenie mocznika w mieszaninie reakcyjnej po upływie 1 godziny od rozpoczęcia procesu.
 - Oblicz czas, po którym szybkość reakcji zmniejszy się dwukrotnie w stosunku do początkowej szybkości reakcji.
3. Wodę destylowaną nasycono gazowym amoniakiem otrzymując roztwór o gęstości 0,940 g/cm³ zawierający 15,00 gramów amoniaku w 100,0 gramach roztworu. Pewną objętość tak przygotowanego roztworu przeniesiono do kolby miarowej i rozcieńczono wodą uzyskując 250,0 cm³ roztworu. 15,00 cm³ tego roztworu pobrano, przeniesiono do kolby miarowej i rozcieńczono wodą uzyskując 100,0 cm³ roztworu. pH tak otrzymanego roztworu wynosiło 11,00. Oblicz objętość wodnego roztworu amoniaku o gęstości 0,940 g/cm³, którą pobrano w celu rozcieńczenia. Stała dysocjacji amoniaku wynosi 1,8·10⁻⁵.

4. Pewną substancję organiczną poddano reakcji z KMnO_4 . Po oczyszczeniu, próbki produktu i substratu o masach 1 g zostały poddane analizie elementarnej. Uzyskane wyniki zebrano w tabeli:

	$V \text{ CO}_2$ ($p = 980 \text{ hPa}$, $T = 20,8^\circ\text{C}$) [cm^3]	$m \text{ H}_2\text{O}$ [mg]
Substrat	1614,3	666,4
Produkt	1429,5	442,5

Aby oszacować masę molową substratu przeprowadzono badanie ebuliometryczne, które polega na pomiarze zmiany temperatury wrzenia rozpuszczalnika w obecności innej substancji. Zmianę temperatury wrzenia opisuje równanie:

$$\Delta T_{\text{wrz}} = \frac{K_{\text{eb}} \cdot m}{M_S}$$

gdzie: ΔT_{wrz} - oznacza zmianę temperatury wrzenia rozpuszczalnika, K_{eb} stałą ebulioskopową rozpuszczalnika, m - masę substancji rozpuszczonej przypadającą na 1 kg rozpuszczalnika, M_S - masę molową substancji rozpuszczonej. Próbkę substratu o masie 5,15 g rozpuszczono w 100,00 g CCl_4 ($T_{\text{wrz}} = 76,7^\circ\text{C}$; $K_{\text{eb}} = 5,27 \text{ K}$) i doprowadzono do wrzenia odczytując na termometrze temperaturę $79,2^\circ\text{C}$.

- Oblicz masę molową substratu oraz ustal jego wzór rzeczywisty.
 - Zapisz równanie reakcji substratu z KMnO_4 posługując się wzorami półstrukturalnymi oraz podaj nazwy wszystkich substancji organicznych biorących udział w reakcji.
5. Produkcja TiO_2 metodą siarczanową polega na rozkładzie tytanianu żelaza(II) stężonym kwasem siarkowym(VI) w wysokiej temperaturze, zachodzącym według reakcji:



Otrzymany roztwór siarczanu(VI) tytanu TiOSO_4 poddaje się klarowaniu i krystalizacji, w której wytrąca się głównie siedmiowodny siarczan(VI) żelaza(II). Oczyszczony roztwór TiOSO_4 poddawany jest w dalszej kolejności hydrolizie przebiegającej zgodnie z równaniem:



w której otrzymywany jest tlenek diwodorotlenek tytanu.

- Oblicz, jaka jest teoretyczna masa bezwodnego siarczanu(VI) żelaza(II) powstającego na tonę produkowanego ditlenku tytanu, wiedząc, że proces hydrolizy zachodzi z 86% wydajnością.
- W powstającym jako odpad siarczanie(VI) żelaza(II) stwierdzono zanieczyszczenie jonami glinu oraz jonami żelaza(III). Próbkę o objętości 50,0 ml poddano analizie stwierdzając, że do utlenienia obecnych w niej jonów metali potrzeba 46,8 ml roztworu KMnO_4 o stężeniu $0,02 \text{ mol/dm}^3$ w środowisku H_2SO_4 . W kolejnej próbce o objętości 30,0 ml przeprowadzono redukcję jonów żelaza(III) roztworem chlorku cyny(II) (który utlenia się podczas niej do chlorku cyny(IV)), a następnie przeprowadzono utlenianie obecnych w próbce jonów metali zużywając do tego 31,9 ml roztworu KMnO_4 o stężeniu $0,02 \text{ mol/dm}^3$ w środowisku H_2SO_4 . Oblicz, jaki procent jonów żelaza znajduje się na III stopniu utlenienia.
- Zapisz równania reakcji opisanych w punkcie b) zachodzących z udziałem KMnO_4 i SnCl_2 .

Masy molowe (g/mol):

$M_{\text{H}} = 1,01$	$M_{\text{O}} = 16,00$	$M_{\text{Ti}} = 47,87$	$M_{\text{Zn}} = 65,41$
$M_{\text{C}} = 12,01$	$M_{\text{Al}} = 26,98$	$M_{\text{Fe}} = 55,85$	$M_{\text{Au}} = 196,97$
$M_{\text{N}} = 14,01$	$M_{\text{S}} = 32,07$	$M_{\text{Cu}} = 63,55$	