

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA im. Stanisława Staszica w KRAKOWIE
OLIMPIADA „O DIAMENTOWY INDEKS AGH” 2024/2025
CHEMIA - ETAP II

UWAGA: za każde zadanie można otrzymać maksymalnie 20 punktów

1. W roztworze o objętości 100 cm³ znajdowała się nieznaną ilość jonów Al³⁺ oraz Fe³⁺. W celu ilościowego oznaczenia tych jonów z roztworu pobrano dwie próbki o objętości 20 cm³ każda. Do pierwszej z nich dodawano wodny roztwór amoniaku do momentu, w którym przestał wytrącać się osad. Podczas wytrącania osadu utrzymywano pH poniżej 9. Następnie osad odstawiono na 2 godziny, przeniesiono ilościowo na sączek twardy i dokładnie przemyto. Na koniec sączek z osadem przeniesiono do tygla i wyprażono do stałej masy, uzyskując osad o masie 0,263 g. Do drugiej próbki dodano nadmiar roztworu chlorku cyny(II), aby zredukować zawarte w roztworze jony żelaza. Nadmiar jonów cyny(II) związano za pomocą roztworu chlorku rtęci(II) w biały, jedwabisty osad. Tak przygotowany roztwór miareczkowano 0,02-molowym roztworem manganianu(VII) potasu w środowisku kwasowym używając 15,0 cm³ titranta. Zapisz w formie cząsteczkowej równanie reakcji zachodzącej podczas prażenia osadu, równania pozostałych reakcji zapisz w formie jonowej skróconej. Równania reakcji redoks uzgodnij za pomocą bilansu elektronowego. Oblicz, w ilu gramach Fe₂O₃ oraz Al₂O₃ znajduje się taka sama ilość jonów żelaza(III) i jonów glinu, jaka jest zawarta w 100 cm³ początkowego roztworu.
2. Przygotowano 200,0 cm³ roztworu amoniaku o stężeniu 0,005 mol·dm⁻³.
 - a) Oblicz stężenie jonów amonowych i stopień dysocjacji amoniaku w przygotowanym roztworze oraz pH tego roztworu.
 - b) Oblicz stężenie jonów amonowych i stopień dysocjacji amoniaku oraz pH roztworu otrzymanego po dodaniu do roztworu amoniaku 25,0 mg wodorotlenku sodu. Przyjmij, że objętość roztworu po dodaniu NaOH nie ulegnie zmianie. Stała dysocjacji amoniaku wynosi 1,8·10⁻⁵. W przypadku zastosowania uproszczeń w obliczeniach wyjaśnij ich zasadność.
3. Przeprowadzono reakcję 11,52 g pewnego węglowodoru aromatycznego z mieszaniną stężonych kwasów: siarkowego(VI) i azotowego(V) ochłodzoną do temperatury niższej od 0°C. Po zakończeniu reakcji i oddzieleniu frakcji organicznej ustalono, że masa tej frakcji wynosi 16,69 g. Metodą ebulioskopową wyznaczono masę molową produktu reakcji. W tym celu 1,975 g tego produktu rozpuszczono w 100 g acetonu. Zaobserwowano wzrost temperatury wrzenia otrzymanego roztworu o 0,259 K w porównaniu do temperatury wrzenia czystego acetonu. Ta zmiana temperatury wrzenia opisana jest równaniem:

$$\Delta T = K_{\text{eb}} \frac{n}{m_r}$$

gdzie:

n - liczba moli substancji rozpuszczonej,

m_r - masa rozpuszczalnika,

K_{eb} - stała ebulioskopowa rozpuszczalnika (dla acetonu wynosi ona 1,8 K·kg·mol⁻¹).

W oparciu o te informacje oblicz masę molową związku poddanego reakcji. Zapisz równanie przeprowadzonej reakcji stosując wzory półstrukturalne, podaj nazwy związków organicznych biorących udział w tej reakcji oraz oblicz jej wydajność.

4. Reakcja elementarna $A_{(g)} + B_{(g)} = 2C_{(g)}$ jest reakcją pierwszego rzędu względem substancji A oraz reakcją pierwszego rzędu względem substancji B. Do reaktora wprowadzono substraty A i B, a ich stężenia wynosiły odpowiednio $0,060 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ oraz $0,100 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. Po trzech minutach prowadzenia reakcji w temperaturze 25°C stwierdzono, że stężenie reagenta C wynosiło $x \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$, po kolejnych 3 minutach jego stężenie wzrosło do $0,036 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$, a szybkość reakcji wynosiła $3,80\cdot 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{s}^{-1}$.
- Zapisz równanie kinetyczne dla opisanej reakcji.
 - Oblicz stałą szybkości tej reakcji w temperaturze 25°C .
 - Oblicz stężenie produktu C po 3 minutach prowadzenia reakcji, jeżeli wiadomo, że szybkość reakcji wynosiła wówczas $4,95\cdot 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{s}^{-1}$.
 - Czy czasy połowicznego przereagowania substratów A i B będą takie same? Odpowiedź uzasadnij.
5. Nuklid ${}^{64}_{29}\text{Cu}$ jest izotopem sztucznym wykorzystywanym w leczeniu chorób nowotworowych oraz w diagnostyce metodą pozytonowej tomografii emisyjnej. Jądra tego nuklidu otrzymuje się na drodze trzech reakcji jądrowych: w reakcji jąder nuklidu ${}^{63}_{29}\text{Cu}$ z neutronami, w reakcji jąder nuklidu ${}^{64}_{30}\text{Zn}$ z neutronami oraz w reakcji jąder nuklidu ${}^{64}_{28}\text{Ni}$ z protonami.
- Zapisz równania reakcji otrzymywania jąder nuklidu ${}^{64}_{29}\text{Cu}$.
 - Zapisz równania reakcji rozpadu promieniotwórczego jąder nuklidu ${}^{64}_{29}\text{Cu}$ wiedząc, że ulegają one przemianie β^+ oraz β^- .
 - Oblicz masę jądra nuklidu ${}^{64}_{29}\text{Cu}$ wiedząc, że energia wiązania nukleonów w jądrze tego nuklidu wynosi $1,3563864\cdot 10^{-28} \text{ J}$. Masę tę wyraż w gramach.
 - Wiedząc, że czas połowicznego rozpadu jąder nuklidu ${}^{64}_{29}\text{Cu}$ wynosi 12,7 godziny oblicz, jaka część jąder ulegnie rozpadowi w czasie 76,2 godziny.

Rozwiązując zadanie skorzystaj z poniższych danych:

masa protonu $m_p = 1,0072765 \text{ u}$

masa neutronu $m_n = 1,0086649 \text{ u}$

prędkość światła w próżni $c = 2,9979246\cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31
Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In

Rysunek 1. Fragment układu okresowego pierwiastków - podano symbole oraz liczby atomowe wybranych pierwiastków.

$$1 \text{ u} = 1,6605389\cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Masy atomowe:

H 1,01 u

N 14,01 u

Na 22,99 u

Fe 55,85 u

C 12,01 u

O 16,00 u

Al 26,98 u