

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA im. Stanisława Staszica w KRAKOWIE
OLIMPIADA „O DIAMENTOWY INDEKS AGH” 2025/2026 (XIX edycja)
CHEMIA - ETAP II

UWAGA: za każde zadanie można otrzymać maksymalnie 20 punktów

1. Podczas dwóch niezależnych doświadczeń badano ten sam nieznaną związek organiczny, którego cząsteczki zbudowane są jedynie z atomów węgla, wodoru i tlenu.
Doświadczenie 1: Próbkę związku o masie 0,75 g spalono z wydajnością 80% w nadmiarze tlenu, w temperaturze 100°C i pod ciśnieniem 1013 hPa. W wyniku reakcji powstało 0,611 dm³ tlenku węgla(IV) oraz 0,611 dm³ pary wodnej.
Doświadczenie 2: W osobnym pomiarze ustalono, że 0,75 g par badanego związku w temperaturze 100°C i pod ciśnieniem 1013 hPa, zajmuje objętość 0,382 dm³.
 - a) Korzystając z danych z doświadczenia 1, oblicz liczbę moli atomów węgla oraz wodoru w badanej próbce oraz wyznacz wzór empiryczny badanego związku.
 - b) Na podstawie danych z doświadczenia 2, oblicz masę molową związku i wyznacz jego wzór rzeczywisty.
 - c) Oblicz procentowy udział masowy tlenu w związku.
 - d) Zapisz i uzgodnij równanie reakcji spalania badanego związku.
2. Dobór substratów i warunków reakcji pozwala na kontrolowanie jej przebiegu, prowadząc do addycji lub substytucji w wybranych miejscach cząsteczki.
Przeanalizuj możliwość przeprowadzenia reakcji wychodzących od jednego, wspólnego dla wszystkich produktów substratu organicznego tak, aby otrzymać następujące produkty:
 - 1-bromo-1-fenyletan
 - 1-bromo-2-fenyletan
 - bromoetylenobenzenZapisz równania reakcji prowadzące do otrzymania każdego z wymienionych związków. Jeżeli w reakcji może powstać więcej niż jeden izomer uwzględnij to i podaj nazwy tych izomerów. Wskaż jakiego typu reakcja (mechanizm) decyduje o przebiegu każdej z tych przemian.
3. W ogniwie magnezowo-srebrowym półogniwo magnezowe stanowiła elektroda wykonana z magnezu zanurzona w roztworze chlorku magnezu o stężeniu 0,75 mol·dm⁻³, a półogniwo srebrne zbudowane było z elektrody wykonanej ze srebra zanurzonej w roztworze azotanu(V) srebra o stężeniu 0,90 mol·dm⁻³. Objętość każdego z roztworów elektrolitów wynosiła 80 cm³, obie elektrody miały kształt płytek o wymiarach: 20 mm x 30 mm oraz 0,5 mm grubości, a gęstości metali z których zostały one wykonane wynosiły odpowiednio: 1,74 g·cm⁻³ dla magnezu oraz 10,5 g·cm⁻³ dla srebra. Ogniwo zestawiono w temperaturze 25°C, a półogniwa połączono kluczem elektrolitycznym. Z ogniwa pobierano prąd o natężeniu 0,30 A, skutkiem czego była zamiana masy anody o 0,080 g. Potencjał standardowy pary redoks Mg/Mg²⁺ wynosi -2,38V, a potencjał standardowy pary redoks Ag/Ag⁺ wynosi +0,80V.
 - a) Zapisz równanie reakcji zachodzącej w półogniwie stanowiącym anodę, półogniwie stanowiącym katodę oraz sumaryczne równanie reakcji zachodzącej w ogniwie.
 - b) Zapisz schemat tego ogniwa.
 - c) Oblicz, ile będzie wynosiła masa katody po pobraniu prądu z ogniwa.
 - d) Oblicz, ile minut pobierano prąd z tego ogniwa.
 - e) Oblicz, ile będzie wynosiło stężenie jonów Mg²⁺ w półogniwie magnezowym po pobraniu prądu z tego ogniwa. Przyjmij, że w trakcie pracy ogniwa objętość roztworów elektrolitów nie ulegała zmianie.

4. Złoto to metal, który odgrywa dużą rolę w wielu gałęziach przemysłu. Rocznie wydobywa się około 3000 ton tego metalu.
- Wiedząc, że w przypadku złota zachodzi promocja elektronowa, zapisz skróconą konfigurację elektronową atomu złota.
 - Złoto odzyskuje się z odpadów elektronicznych rozpuszczając je w pierwszej kolejności w tzw. wodzie królewskiej będącej mieszaniną stężonych roztworów kwasów solnego i azotowego(V) zmieszanych w stosunku objętościowym 3:1. Produktem tego procesu jest kwas tetrachlorozłotowy(III) HAuCl_4 , brunatny tlenek azotu oraz woda. Zapisz, w postaci jonowej skróconej, równanie reakcji rozpuszczania złota w wodzie królewskiej. Uzgodnij to równanie z wykorzystaniem bilansu elektronowo-jonowego.
 - W drugim etapie procesu odzyskiwania złota z odpadów roztwór kwasu tetrachlorozłotowego(III) poddaje się działaniu tlenku siarki(IV), w wyniku czego powstaje metaliczne złoto oraz mieszanina dwóch mocnych kwasów. Zapisz, w postaci cząsteczkowej, równanie opisanej reakcji. Dobierz współczynniki stechiometryczne metodą bilansu elektronowego.
 - Metaliczne złoto można utlenić do jonów Au^{3+} za pomocą manganianu(VII) potasu w środowisku mocno kwasowym ($\text{pH} \approx 0$). Reakcja ta przebiega powoli i nie wykorzystuje się jej do przemysłowego oczyszczania złota. Zapisz równanie powyżej opisanej reakcji w postaci jonowej skróconej i uzgodnij je stosując bilans elektronowo-jonowy.
5. Efuzja to wypływ gazu przez bardzo mały otwór w przegrodzie rozdzielającej obszary o różnym ciśnieniu (np. uchodzenie powietrza z przebitej dętki). Zjawisko to opisuje Prawo Grahama, które mówi, że szybkość efuzji gazu jest odwrotnie proporcjonalna do pierwiastka kwadratowego z jego masy molowej:

$$\sqrt{\frac{M_2}{M_1}} = \frac{v_1}{v_2}$$

gdzie, M_1 , M_2 – masy molowe gazów; v_1 , v_2 – prędkości efuzji gazów wyrażone np. w mol/s.

Badano pewien związek organiczny i stwierdzono, że:

- prędkość efuzji tego związku jest 1,935 razy mniejsza od prędkości efuzji gazu, o którym wiadomo, że przy ciśnieniu 202,65 kPa w temperaturze 273,15K posiada gęstość $1,431 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
- związek ten reaguje z jonami dichromianowymi(VI), a produkt tej reakcji, po rozpuszczeniu w wodzie, nie zmienia pOH roztworu;
- podczas całkowitego spalania tego związku w tlenie powstaje tlenek węgla(IV) i para wodna, a stosunek objętościowy produktów spalania wynosi $V_{\text{CO}_2} : V_{\text{H}_2\text{O}} = 3:4$.

Oblicz:

- Oblicz masę molową badanego związku organicznego.
- Podaj wzór sumaryczny oraz wzór półstrukturalny tego związku, opierając się na obliczeniach oraz opisanych właściwościach chemicznych.

Stałe fizyczne:

stała gazowa (R) $8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
stała Faradaya (F) $96485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$

	1																		18	
1	¹ H 1,008																			² He 4,003
2	³ Li 6,941	⁴ Be 9,012													13	14	15	16	17	
3	¹¹ Na 22,99	¹² Mg 24,31													⁵ B 10,81	⁶ C 12,01	⁷ N 14,01	⁸ O 16,00	⁹ F 19,00	¹⁰ Ne 20,18
4	¹⁹ K 39,10	²⁰ Ca 40,08	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	¹³ Al 26,98	¹⁴ Si 28,09	¹⁵ P 30,97	¹⁶ S 32,07	¹⁷ Cl 35,45	¹⁸ Ar 39,95		
5	³⁷ Rb 85,47	³⁸ Sr 87,62	²¹ Sc 44,96	²² Ti 47,87	²³ V 50,94	²⁴ Cr 52,00	²⁵ Mn 54,94	²⁶ Fe 55,85	²⁷ Co 58,93	²⁸ Ni 58,69	²⁹ Cu 63,55	³⁰ Zn 65,38	³¹ Ga 69,72	³² Ge 72,64	³³ As 74,92	³⁴ Se 78,96	³⁵ Br 79,90	³⁶ Kr 83,80		
6	⁵⁵ Cs 132,9	⁵⁶ Ba 137,3	³⁹ Y 88,91	⁴⁰ Zr 91,22	⁴¹ Nb 92,91	⁴² Mo 95,96	⁴³ Tc (98,00)	⁴⁴ Ru 101,1	⁴⁵ Rh 102,9	⁴⁶ Pd 106,4	⁴⁷ Ag 107,9	⁴⁸ Cd 112,4	⁴⁹ In 114,8	⁵⁰ Sn 118,7	⁵¹ Sb 121,8	⁵² Te 127,6	⁵³ I 126,9	⁵⁴ Xe 131,3		
7	⁸⁷ Fr (223,0)	⁸⁸ Ra (226,0)	⁵⁷ La 138,9	⁷² Hf 178,5	⁷³ Ta 181,0	⁷⁴ W 183,8	⁷⁵ Re 186,2	⁷⁶ Os 190,2	⁷⁷ Ir 192,2	⁷⁸ Pt 195,1	⁷⁹ Au 197,0	⁸⁰ Hg 200,6	⁸¹ Tl 204,4	⁸² Pb 207,2	⁸³ Bi 209,0	⁸⁴ Po (209,0)	⁸⁵ At (210,0)	⁸⁶ Rn (222,0)		
	⁸⁷ Fr (223,0)	⁸⁸ Ra (226,0)	⁸⁹ Ac (227,0)	¹⁰⁴ Rf (261)	¹⁰⁵ Db (268)	¹⁰⁶ Sg (269)	¹⁰⁷ Bh (270)	¹⁰⁸ Hs (271)	¹⁰⁹ Mt (278)	¹¹⁰ Ds (281)	¹¹¹ Rg (282)	¹¹² Cn (285)	¹¹³ Nh (286)	¹¹⁴ Fl (290)	¹¹⁵ Mc (290)	¹¹⁶ Lv (293)	¹¹⁷ Ts (294)	¹¹⁸ Og (294)		

⁵⁸ Ce 140,1	⁵⁹ Pr 140,9	⁶⁰ Nd 144,2	⁶¹ Pm (145)	⁶² Sm 150,4	⁶³ Eu 152,0	⁶⁴ Gd 157,3	⁶⁵ Tb 158,9	⁶⁶ Dy 162,5	⁶⁷ Ho 164,9	⁶⁸ Er 167,3	⁶⁹ Tm 168,9	⁷⁰ Yb 173,1	⁷¹ Lu 175,0
⁹⁰ Th 232,0	⁹¹ Pa 231,0	⁹² U 238,0	⁹³ Np 237,1	⁹⁴ Pu 244,1	⁹⁵ Am 243,1	⁹⁶ Cm 247,1	⁹⁷ Bk 247,1	⁹⁸ Cf 251,1	⁹⁹ Es 252,1	¹⁰⁰ Fm 257,1	¹⁰¹ Md 258,1	¹⁰² No 259,1	¹⁰³ Lr 260,1