

Харківська обласна хімічна олімпіада 2022 р.

11 клас

1. Простіше не буває. Суміш оксиду та карбонату невідомого металу (ступінь окиснення металу в усіх сполуках дорівнює +2) масою 5.480 г повністю розчинили в надлишку хлоридної кислоти. При цьому виділилось 0.448 л (н. у.) газу.

1. Визначте невідомий метал та склад суміші в масових частках, якщо кількість речовини карбонату в суміші вдвічі більша, ніж оксиду.

2. Розрахуйте молярну концентрацію утвореної солі в одержаному розчині, об'єм якого дорівнює 200 мл.

2. Різні гази. Газова суміш складається з трьох бінарних сполук **A**, **B** і **C**. Гази **A** і **B** – вуглеводні, що є родоначальниками своїх гомологічних рядів, а сполука **C** є неорганічною речовиною. При спалюванні суміші утворюються лише вуглекислий газ та вода.

1. Визначте формули компонентів газової суміші, якщо молярні маси **A**, **B** і **C** відносяться як 1:1.625:1.75, відповідно.

2. Визначте мольні частки речовин у газовій суміші, якщо при спалюванні 8.96 л (н. у.) суміші утворюється 11.2 л (н. у.) вуглекислого газу та 10.8 г води.

3. Напишіть по одному способу одержання сполук **A**, **B** і **C**.

3. Монд. Для одержання нікелю надвисокої чистоти (до 99.99%) використовують метод Монда, в основі якого лежить реакція металу з чадним газом з утворенням тетракарбонілу нікелю.

1. Запишіть реакцію, яка лежить в основі методу Монда.

2. Використовуючи довідкові дані, розрахуйте для цієї реакції ΔH° , ΔS° та ΔG° при 298 К. Чи буде реакція самовільною за такої температури?

3. Вважаючи, що ΔH° та ΔS° не залежать від температури, розрахуйте, за якої максимальної температури реакція буде протікати спонтанно (самовільно).

Перша стадія процесу — утворення карбонілу з неочищеного сплаву нікелю — проходить при 52°C. На другому етапі газоподібний карбоніл нагрівають до 227°C для отримання твердого нікелю.

4. Розрахуйте значення констант рівноваги (K) для обох стадій процесу Монда за відповідних температур.

5. Чому на другому етапі підвищують температуру реакції?

Довідкові дані. Реакція спонтанна (самовільна), якщо $\Delta G \leq 0$. $\Delta G = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$. $\Delta G = -RT \cdot \ln K$.

	Ni _(г)	CO _(г)	Ni(CO) _{4(г)}
$\Delta_f H^\circ$, кДж/моль	0	-111	-607
S° , Дж/(моль·К)	30	198	417

4. Розпад. Відомо, що уран існує в природі у вигляді трьох ізотопів: ^{238}U , ^{235}U і ^{234}U .

1. Який з вищенаведених ізотопів має найбільше значення в атомній енергетиці і чому?

Одним із методів розділення ізотопів урану є газодифузійний метод. Він заснований на неоднаковій швидкості дифузії частинок з різною масою. Для отримання “зручних” для розділення молекул (до складу яких входять відповідні ізотопи U), на уран (IV) оксид спочатку діють фтороводнем при нагріванні, а потім і хлор (III) фторидом.

2. Запишіть рівняння відповідних реакцій.

При повному розпаді одного атому ^{235}U виділяється в середньому $3.24 \cdot 10^{11}$ Дж.

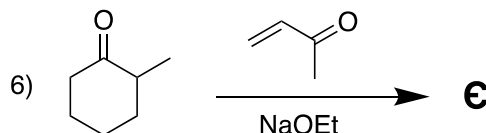
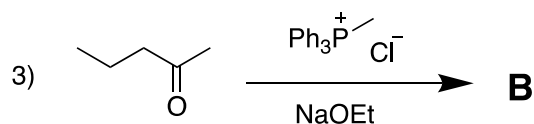
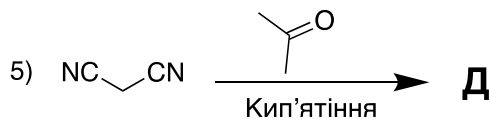
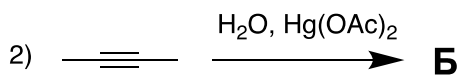
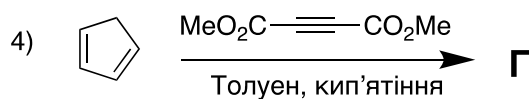
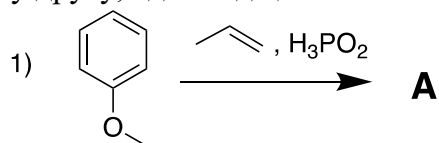
3. Розрахуйте об'єм природного газу за нормальних умов, що при спалюванні давав би таку ж кількість енергії, що і 1 г ^{235}U , який розпався. Вважайте, що природний газ складається лише з метану.

Відомо, що частки ізотопів ^{238}U і ^{235}U становлять 99.28% і 0.72%, відповідно.

4. Встановіть, через який час частка ізотопу ^{235}U зменшиться в 2 рази.

Довідкові дані. $\Delta_f H^\circ_{298}(\text{CH}_4) = -74.85$ кДж/моль, $\Delta_f H^\circ_{298}(\text{CO}_2) = -393.51$ кДж/моль, $\Delta_f H^\circ_{298}(\text{H}_2\text{O}) = -241.84$ кДж/моль; $\tau_{1/2}(^{238}\text{U}) = 4.47 \cdot 10^9$ років, $\tau_{1/2}(^{235}\text{U}) = 7.04 \cdot 10^8$ років, де $\tau_{1/2}$ – період напіврозпаду.

5. Не так просто, як здається. Уявіть, що ви перенеслись у часи, коли немає інтернету та немає звідки списати чи «прогуглити». Однак, ви маєте допомогти вирішити наступні завдання своєму другу, адже від цього залежить його оцінка (ваша також).



Допоможіть відповісти на наступні питання:

1. Наведіть структурні формули сполук **A-Є**.
2. Які з цих реакцій є «іменними» та чий прізвища вони носять?
3. Напишіть механізм для реакції № 6. Чи можливе утворення побічних продуктів у ній?

6. Невже знову він?! Чорну бінарну сполуку **A**, що містить метал **X**, розчинили в нітратній кислоті, що привело до виділення бурого газу **C**, а розчин набув помаранчевого забарвлення внаслідок утворення речовини **B**. До розчину додали перекис водню, внаслідок чого випав жовтий осад **D** ($w(\mathbf{X}) = 70.41\%$), який відфільтрували і прожарили за 420°C . Утворену жовтогарячу сполуку **E** ввели в реакцію з гексахлорпропеном, внаслідок чого утворилася речовина **G**, виділився жовто-зелений газ **H** і трихлоракролеїл хлорид. Зелену бінарну сполуку **G** зплавляли за 620°C з цинковим пилом, внаслідок чого утворилася оливково-зелена бінарна сполука **J**, молекула якої містить на один атом менше, ніж **G**. Речовина **J** при додаванні до розчину хлоридної кислоти забарвлює його у винно-червоний колір, однак, це забарвлення нестійке, і досить швидко розчин стає зеленим.

1. Встановіть формули речовин **A-J**, якщо масова частка металу **X** у сполуці **A** дорівнює 84.80% , а масова частка металу **X** у сполуці **J** на 6.45% більша, ніж у сполуці **G**.
2. Напишіть рівняння усіх описаних хімічних реакцій.

7. Завдання експериментального туру. У двох пробірках знаходяться органічні речовини **A** та **B**, одна з яких у вигляді розчину широко використовується у домашньому господарстві. Кислотний запах цих речовин знайомий майже кожному з присутніх. Речовини **A** та **B** є сусідами у гомологічному ряді (відношення молярних мас складає 1.305) та подібно реагують з карбонатом натрію. При цьому з речовини **B** утворюється речовина **C** та газ **D**. Висушена речовина **C** при прожарюванні утворює відомий леткий розчинник **E** та карбонат натрію. Молярна маса **E** в 1.034 рази менше молярної маси речовини **B**. Речовина **A** реагує з аміачним розчином аргентум(I) оксиду, утворюючи блискучий шар металу **F** та газ **D**, а при реакції з концентрованою сульфатною кислотою утворює токсичний горючий газ **G** без кольору та запаху.

1. Визначте усі зашифровані речовини, назвіть їх.
2. Наведіть рівняння згаданих реакцій.
3. Де у побуті або на природі ми можемо зустріти речовини **A**, **B**, **D**, **E**, **F**? Наведіть по одному прикладу.

Довідкові матеріали

Опис	Значення константи/Формула
Константа автопротолізу води (за с.у.)	$K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$
Стала Авогадро	$N_A = 6,0221 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Універсальна газова стала	$R = 8,314 \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1} =$ $0,08205 \text{ атм} \cdot \text{л} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$
Рівняння стану ідеального газу	$PV = nRT$
Стала Планка	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Швидкість світла у вакуумі	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$
Нуль за шкалою Цельсія	$273,15 \text{ К}$
Вільна енергія Гіббса	$G = H - TS$
Нормальні умови (н.у.)	$T = 0 \text{ }^\circ\text{C} = 273,15 \text{ К};$ $P = 1 \text{ атм} = 760 \text{ Торр} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па}$
Стандартні умови (с.у.)	$T = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298 \text{ К};$ $P = 1 \text{ Бар} = 10^5 \text{ Па}$
Рівняння Клапейрона-Клаузіуса (інтегральна форма)	$\ln p = -\frac{\Delta H^0}{RT} + const$
Рівняння Арреніуса	$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$
Залежність між вільною енергією Гіббса, константою рівноваги та потенціалом	$\Delta_r G^0 = -RT \ln K = -nF \Delta E^0_{\text{комірки}}$
Зв'язок між ентальпією та внутрішньою енергією	$\Delta H = \Delta U + p\Delta V$ (кількість речовини $n = const$)

Періодична система елементів Д.І. Менделєєва

1																			18
1 H 1.008																		2 He 4.003	
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18		
11 Na 22.99	12 Mg 24.30	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95		
19 K 39.10	20 Ca 40.08	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		
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.96	43 Tc -	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29		
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57-71	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po -	85 At -	86 Rn -		
87 Fr -	88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -									

57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm -	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
89 Ac -	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -

Таблиця розчинності неорганічних сполук

Іони	Br ⁻	CH ₃ COO ⁻	CN ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	F ⁻	I ⁻	NO ₃ ⁻	OH ⁻	PO ₄ ³⁻	S ²⁻	SO ₄ ²⁻
Ag ⁺	н	м	н	н	н	р	н	р	-	н	н	м
Al ³⁺	р	+	?	-	р	м	р	р	н	н	+	р
Ba ²⁺	р	р	р	н	р	м	р	р	р	н	р	н
Be ²⁺	р	+	?	+	р	р	р	р	н	н	+	р
Ca ²⁺	р	р	р	н	р	н	р	р	м	н	м	м
Cd ²⁺	р	р	м	+	р	р	р	р	н	н	н	р
Co ²⁺	р	р	н	+	р	р	р	р	н	н	н	р
Cr ³⁺	р	+	н	-	р	м	н	р	н	н	+	р
Cs ⁺	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
Cu ²⁺	р	р	н	+	р	р	-	р	н	н	н	р
Fe ²⁺	р	р	н	+	р	м	р	р	н	н	н	р
Fe ³⁺	р	-	-	-	р	н	-	р	н	н	-	р
Hg ²⁺	м	р	р	-	р	+	н	+	-	н	н	+
Hg ₂ ²⁺	н	м	-	н	н	м	н	+	-	н	-	н
K ⁺	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
Li ⁺	р	р	р	р	р	н	р	р	р	м	р	р
Mg ²⁺	р	р	р	м	р	н	р	р	н	н	н	р
Mn ²⁺	р	р	н	+	р	р	р	р	н	н	н	р
NH ₄ ⁺	р	р	р	р	р	р	р	р	р	-	+	р
Na ⁺	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
Ni ²⁺	р	р	н	+	р	р	р	р	н	н	н	р
Pb ²⁺	м	р	н	+	м	м	м	р	н	н	н	н
Rb ⁺	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
Sn ²⁺	+	+	-	-	+	м	м	+	н	н	н	р
Sr ²⁺	р	р	р	н	р	р	р	р	м	н	р	н
Tl ⁺	м	р	р	р	м	н	н	р	р	м	н	м
Zn ²⁺	р	р	н	+	р	р	р	р	н	н	н	р

Позначення: р – добре розчинний, м - малорозчинний, н - практично нерозчинний, + - повністю реагує з водою чи не випадає з водного розчину, - - не існує, ? - дані про розчинність відсутні.