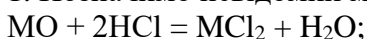


## 11 клас

## Розв'язки

**1. Простіше не буває.**

1. Позначимо невідомий метал М.



$n(\text{CO}_2) = 0.02$  моль;  $n(\text{MCO}_3) = 0.02$  моль;  $n(\text{MO}) = 0.01$  моль. Тоді:

$$0.01(\text{M}+16) + 0.02(\text{M}+60.01) = 5.480;$$

$\text{M} = 137.33$ , отже, невідомий метал – це барій (Ba).

$m(\text{BaO}) = 1.53$  г;  $w(\text{BaO}) = 28\%$ ;  $w(\text{BaCO}_3) = 72\%$ .

2.  $n(\text{BaCl}_2) = 0.03$  моль;  $c(\text{BaCl}_2) = 0.15$  моль/л.

**2. Різні гази.**

1. Оскільки при спалюванні утворюється лише вуглекислий газ та вода, то газ С може бути СО або СО<sub>2</sub>. По співвідношенню молярних мас можна розрахувати молярні маси інших газів для випадку СО та СО<sub>2</sub>.

З усіх варіантів підходить лише той, де С – СО. Тоді А – СН<sub>4</sub>, а В – С<sub>2</sub>Н<sub>2</sub>.

2. Запишемо реакції горіння СН<sub>4</sub>, С<sub>2</sub>Н<sub>2</sub> та СО і позначимо кількість речовини СН<sub>4</sub>, С<sub>2</sub>Н<sub>2</sub> та СО як x, y та z.

	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$			
<i>n</i>	x	2x	x	2x
	$\text{C}_2\text{H}_2 + 2.5\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$			
<i>n</i>	y	2.5y	2y	y
	$\text{CO} + 0.5\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$			
<i>n</i>	z	0.5y	z	

Тоді:

$$x + y + z = 0.4;$$

$$x + 2y + z = 0.5;$$

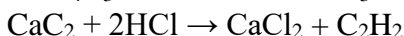
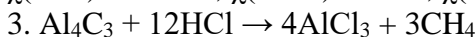
$$2x + y = 0.6.$$

Розв'язуючи систему рівнянь, маємо:

$$x = 0.25; y = 0.1; z = 0.05.$$

Тепер розрахуємо мольні частки СН<sub>4</sub>, С<sub>2</sub>Н<sub>2</sub> та СО:

$$\chi(\text{CH}_4) = 62.5\%; \chi(\text{C}_2\text{H}_2) = 25\%; \chi(\text{CO}) = 12.5\%.$$

**3. Монд.**

$$2. \Delta H^\circ = 1 \cdot (-607) - 4 \cdot (-111) = -607 + 444 = -163 \text{ (кДж/моль)};$$

$$\Delta S^\circ = 1 \cdot 417 - (1 \cdot 30 + 4 \cdot 198) = -405 \text{ (Дж/моль} \cdot \text{K)};$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ = -163 - 298 \cdot (-0.405) = -42.31 \text{ (кДж/моль)}, \Delta G^\circ \leq 0. \text{ Реакція}$$

відбувається спонтанно при 298 К.

3. Реакція ще зможе протікати спонтанно, коли вільна енергія Гіббса досягне нуля ( $\Delta G^\circ = 0$ ):

$$-163 - T \cdot (-0.405) = 0; T = 402.5 \text{ К} \text{ — реакція перебігає нижче цієї температури.}$$

$$4. \text{ Перша стадія: } \Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ = -163000 - (325) \cdot (-405) = -31375 \text{ (Дж/моль)};$$

$$K = e^{(-\Delta G/RT)} = e^{(31375/(8.314 \cdot 325))} = 1.10 \cdot 10^5.$$

Друга стадія (оскільки тут відбувається зворотна реакція, то  $\Delta H^\circ = 163$  кДж/моль, а  $\Delta S^\circ = 405$  Дж/моль·К):

$$T = (273 + 227) \text{ K} = 500 \text{ K};$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ = 163000 - 500 \cdot 405 = -39500 \text{ (Дж/моль)};$$

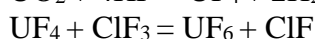
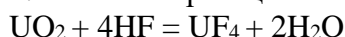
$$K = e^{(-\Delta G/RT)} = e^{(39500/(8.314 \cdot 500))} = 1.34 \cdot 10^4.$$

5. За принципом Ле-Шательє рівновага буде зміщуватися в бік ендотермічної реакції (ліворуч).

#### 4. Розпад.

1. Найбільш важливим ізотопом є  $^{235}\text{U}$ , оскільки ланцюгові реакції ділення саме його ядер здатні до самопідтримування.

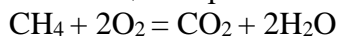
2. Рівняння реакцій:



або



3. Реакція згоряння метану:



Тепловий ефект реакції:

$$\Delta H^\circ_{298} = \Delta_f H^\circ_{298}(\text{CO}_2) + 2\Delta_f H^\circ_{298}(\text{H}_2\text{O}) - \Delta_f H^\circ_{298}(\text{CH}_4) - 2\Delta_f H^\circ_{298}(\text{O}_2) = -393510 + 2 \cdot (-241840) - (-74850) - 2 \cdot 0 = -802340 \text{ Дж/моль.}$$

Кількість атомів в 1 грамі  $^{235}\text{U}$ :

$$N = \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{6.022 \cdot 10^{23}}{235} = 2.56 \cdot 10^{21} \text{ (атомів).}$$

Кількість енергії, що виділяється при розпаді 1 г  $^{235}\text{U}$ :

$$E = 2.56 \cdot 10^{21} \cdot 3.24 \cdot 10^{-11} = 8.30 \cdot 10^{10} \text{ (Дж).}$$

Кількість газу, що виділяє стільки ж енергії, що і 1 г  $^{235}\text{U}$ :  $n = \frac{8.30 \cdot 10^{10}}{802340} = 1.03 \cdot 10^5 \text{ (моль).}$

Об'єм газу за нормальних умов:  $V = n \cdot V_M = 1.03 \cdot 10^5 \cdot 22.41 \cdot 10^{-3} = 2320 \text{ м}^3.$

4. В початковий момент часу для  $^{235}\text{U}$ :

$$0.72 \cdot 10^{-2} = \frac{N_{0(235)}}{N_{0(235)} + N_{0(238)}}. \text{ Зведемо обидві частини до мінус першого ступеня:}$$

$$138.9 = 1 + \frac{N_{0(238)}}{N_{0(235)}},$$

$$N_{0(238)} = 137.9 N_{0(235)}$$

За основним законом радіоактивного розпаду для ізотопів  $^{235}\text{U}$  і  $^{238}\text{U}$ :

$$N_{(235)} = N_{0(235)} \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2(235)}}}, N_{(238)} = N_{0(238)} \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2(238)}}}$$

В момент часу  $t$ , коли доля  $^{235}\text{U}$  становить  $0.5 \cdot 0.72 \cdot 10^{-2} = 0.36 \cdot 10^{-2}$ :

$$\frac{N_{(235)}}{N_{(235)} + N_{(238)}} = \frac{N_{0(235)} \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2(235)}}}}{N_{0(235)} \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2(235)}}} + N_{0(238)} \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2(238)}}}} = 0.36 \cdot 10^{-2}$$

Зведемо обидві частини до мінус першого ступеня:

$$1 + \frac{N_{0(238)} \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2(238)}}}}{N_{0(235)} \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2(235)}}}} = 277.8,$$

$$2^{\frac{t}{T_{1/2(235)}} - \frac{t}{T_{1/2(238)}}} = \frac{276.8}{137.9} = 2.007.$$

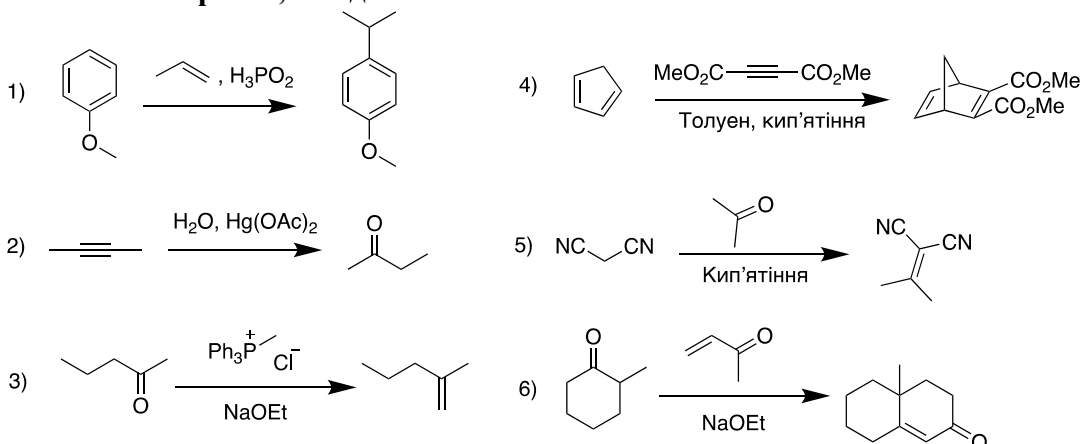
Логарифмуємо обидві частини рівняння:

$$t \cdot \left( \frac{1}{T_{1/2(235)}} - \frac{1}{T_{1/2(238)}} \right) \cdot \ln 2 = \ln 2.007.$$

Підставляємо значення періодів напіврозпадів:

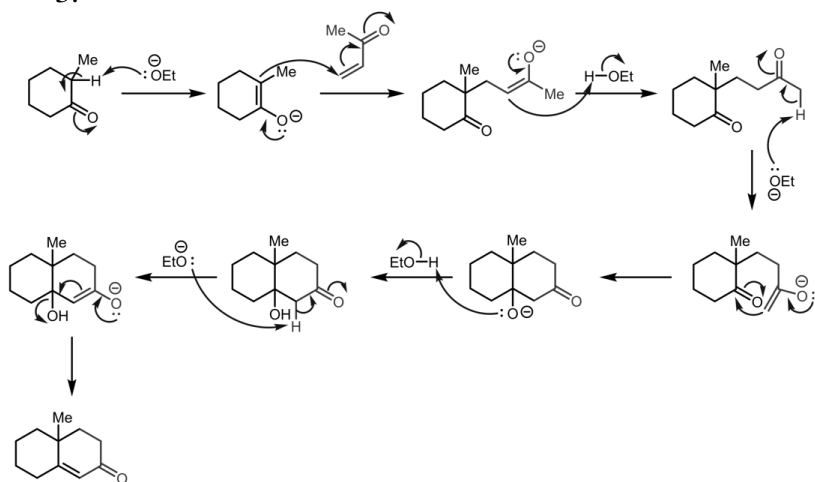
$$t \cdot \left( \frac{1}{7.04 \cdot 10^8} - \frac{1}{4.47 \cdot 10^9} \right) \cdot 0.693 = 0.697, \quad t = \frac{0.697}{0.693 \cdot 1.20 \cdot 10^{-9}} = 840 \text{ млн років.}$$

### 5. Не так просто, як здається. 1.



2. Усі реакції іменні. 1) Алкілювання за Фріделем-Крафтсом; 2) Реакція Кучерова; 3) Реакція Вітгіга; 4) Реакція Дільса-Альдера; 5) Конденсація Кньювенегеля; 6) Аннелювання за Робінсоном.

3.



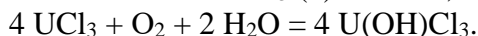
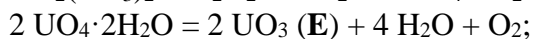
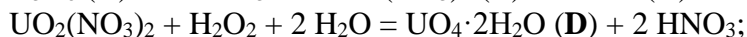
Утворення побічних продуктів можливе, адже можливе утворення кінетичного еноляту і, відповідно, іншого регіоізомеру.

### 6. Невже знову він?!

1, 2. Нехай сполука **J** –  $MCl_x$ , тоді **G** –  $MCl_{x+1}$ . Маємо рівняння:

$$M / (M + 35.45x) - M / (M + 35.45(x+1)) = 0.0645.$$

Розв'язуючи його, одержуємо для  $x = 3$ :  $M = 238$ , тобто, невідомий метал – уран, **U**. Можна також розшифрувати уран через його масову частку в оксиді **A**. Тоді знаходимо всі інші сполуки.

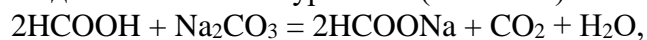


### 7. Завдання експериментального туру.

1, 2. Речовини **A** та **B** – кислоти (запах). Структури можна однозначно визначити за відношенням молярних мас, або підтвердити таким чином, маючи на увазі наведені хімічні властивості:

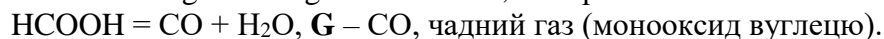
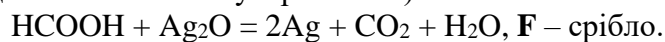
$(M + 14.026)/M = 1.305$ , де  $M$  – найменша молярна маса для двох речовин.

Звідси  $M \approx 46$ . **A** – мурашина (метанова) кислота, **B** – оцтова (етанова) кислота.



$2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . **C** – ацетат натрію, **D** – вуглекислий газ (діоксид вуглецю).

$2\text{CH}_3\text{COONa} = \text{CH}_3\text{COCH}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ , **E** – ацетон (підтвердження структури за відношенням молекулярних мас).



3. Мурашину кислоту виділяють мурахи. Оцтова кислота у вигляді 9%-го розчину (оцету) використовується для консервування та приготування їжі. Вуглекислий газ виділяється з газованих напоїв. Ацетон є компонентом розчинників. Зі срібла можуть бути виготовлені прикраси та столові прилади.