

ЗАВДАННЯ
І ЕТАПУ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ УЧНІВСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ХІМІЇ
11 КЛАС

У завданнях 1-5 виберіть правильні відповіді

1. (5 балів) Оберіть чинники, які впливають на зміщення рівноваги у реакції $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{г})$; $\Delta H < 0$ в бік зворотної реакції:
- А. збільшення концентрації нітроген (IV) оксиду;
 - Б. зниження тиску;
 - В. збільшення концентрації кисню;
 - Г. підвищення тиску;
 - Д. зменшення концентрації нітроген (II) оксиду;
 - Е. підвищення температури;
 - Є. зниження температури.
2. (5 балів) Серед наведених нижче насичених вуглеводнів ізомерними сполуками є:
- А. 2-Метилгексан та 2,3-диметилбутан;
 - Б. 3-Метил-3-етилгексан та 2-метилгексан;
 - В*. 2,3-Диметилгептан та 2-метил-3-етилгексан;
 - Г. 3-Етилгексан та 2,3-диметилгептан;
 - Д. 2-Метилгексан та 3-етилгексан.
3. (5 балів) Виходячи з молярної маси повітря, що дорівнює 28,96 г/моль (н.у.) та містить у своєму складі 78% азоту, 21% кисню та 1% невідомого газу (за об'ємом), визначити молекулярну масу останнього:
- А. 44; Б*. 40; В. 18; Г. 28; Д. 32.
4. (5 балів) Перші згадки про те, що білки за молекулярною масою переважають відомі на той час органічні сполуки, зустрічаються раніше, ніж 100 років тому. Наприклад, вже тоді було відомо, що гемоглобін містить всього лише 0,34% Феруму за масою. Водночас молекулярна маса гемоглобіну становить не менше 64 500. Виходячи із цієї інформації визначте, якою є кількість атомів Феруму в одній молекулі гемоглобіну.
5. А. 2; Б. 1; В. 3; Г. 5; Д*. 4.
5. (5 балів) Скільки різновидів молекул нітроген(IV) оксиду в мономерній формі можна отримати з двох ізоотопів Нітрогену – ^{14}N та ^{15}N , й такої ж кількості ізоотопів Оксигену – ^{16}O та ^{17}O ?
- А. 2; Б. 3; В. 4; Г. 5; Д. 6*.

До завдань 6-10 наведіть повні розв'язки та пояснення.

6. (15 балів) Дві хімічні сполуки умовного складу XZ і YZ (з можливим різним співвідношенням між атомами в молекулі) мають однакові молекулярні маси. Елементи X і Y утворюють з Гідроеном сполуки, газоподібні за звичайних умов. Промисловий спосіб одержання одного із цих газів був розроблений німецьким хіміком Фріцом Габером. Інший газ, що зустрічається в природі, в промисловості одержують із водяного газу, а в лабораторних умовах його можна одержати різними способами. Елементи X і Y сполучаються з металами, а також один з одним, утворюючи сполуку XY . Сума атомних мас описаних елементів відображається рівнянням $2\text{X} + \text{Y} + 3\text{Z} = 88$, а відношення атомних мас дорівнюють $\text{X} : \text{Y} = 7 : 6$ та $\text{Y} : \text{Z} = 3 : 4$.

1) Визначте невідомі хімічні елементи й речовини та дайте їм назви. Відповідь підтвердьте розрахунком.

2) Наведіть рівняння описаних вище хімічних реакцій.

Розв'язування

За даними щодо атомних мас (x , y , z) елементів можна скласти:

$$2x + y + 3z = 88$$

$$x : y = 7 : 6 \quad \text{тобто} \quad 6x = 7y$$

$$y : z = 3 : 4 \quad \text{тобто} \quad 4y = 3z$$

$$\text{Тоді} \quad 14/6 y + y + 12/3 y = 88 \quad \text{або} \quad 7/3 y + y + 4y = 88 \quad \text{або} \quad 22 y = 264$$

$$\text{Звідси} \quad y = 12; \quad x = 14; \quad z = 16.$$

$$\text{Тобто} \quad y - \text{C}; \quad x - \text{N}; \quad z - \text{O}$$

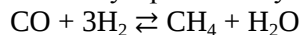
Однакові молекулярні маси для XZ і YZ у випадку N_2O і CO_2 , для яких $M = 44$.

Водневі сполуки елементів X і Y - NH_3 і CH_4 . Карбон(IV) нітрид C_3N_4 .

Промисловий синтез амоніаку розроблено Габером:



Метан зустрічається у природі і може бути одержаним із водяного газу:



7. **(15 балів)** Інструкція до лікарського засобу містить наступні рекомендації щодо термінів придатності в залежності від температури зберігання:

при (-15°C) - 27 діб

при $(+5^\circ\text{C})$ - 3 доби

при $(+25^\circ\text{C})$ - 2 доби

1) Встановіть, чи є помилка в інструкції до зберігання лікарського засобу, якщо вважати, що реакції його перетворень є виключно хімічними процесами? Наведіть відповідні розрахунки.

2) Поясніть зроблені висновки та, якщо потрібно, запропонуйте виправлення до інструкції щодо термінів придатності препарату.

Розв'язування

Записати за правилом Вант-Гоффа $V = V_0 \cdot \gamma^{\frac{\Delta t}{10}}$

При температурі -15°C тривалість реакції 27 діб, а при температурі $+5^\circ\text{C}$ тривалість реакції 3 доби;

Отже при зміні температур від -15°C до $+5^\circ\text{C}$ швидкість хімічної реакції збільшується в 9 разів ($27/3 = 9$).

$$\text{Тоді,} \quad V = 9V_0$$

$$\text{Звідси} \quad 9V_0 = V_0 \cdot \gamma^{20/10};$$

$$\text{Скорочуючи } V_0, \text{ отримаємо: } 9 = \gamma^2, \text{ де } \gamma = \sqrt{9} = 3.$$

$$\text{Далі знову за правилом Вант-Гоффа} \quad V = V_0 \cdot \gamma^{\frac{\Delta t}{10}}$$

При температурі $+5^\circ\text{C}$ тривалість реакції 3 доби, а при температурі $+25^\circ\text{C}$ тривалість реакції 2 доби;

При зміні температур від $+5^\circ\text{C}$ до $+25^\circ\text{C}$ швидкість хімічної реакції збільшується в 1,5 рази ($3/2 = 1,5$).

$$\text{Тоді,} \quad V = 1,5V_0$$

$$\text{Звідси} \quad 1,5V_0 = V_0 \cdot \gamma^{20/10};$$

$$\text{Скорочуючи } V_0, \text{ отримаємо: } 1,5 = \gamma^2, \text{ де } \gamma = \sqrt{1,5} = 1,22.$$

За правилом Вант-Гоффа "при підвищенні температури на 10°C швидкість хімічної реакції зростає в 2-4 рази".

В першому випадку результат "лягає" в умови правила, а в другому випадку ні.

Тому термін зберігання лікарського засобу при $+25^\circ\text{C}$ становить

$$t_{+25} = \frac{3}{3^2} = 8 \text{ годин.}$$

8. **(15 балів)** Органічна кислота **A** реагує з кальцій гідроксидом з утворенням речовини **B**. Прожарювання сполуки **B** за високої температури приводить до утворення речовини **C**, яка є добре відомим органічним розчинником, що входить до складу «Рідини для зняття лаку». Якщо сполуку **C** нагрівати з надлишком хромової суміші, то в розчині після закінчення реакції можна визначити тільки

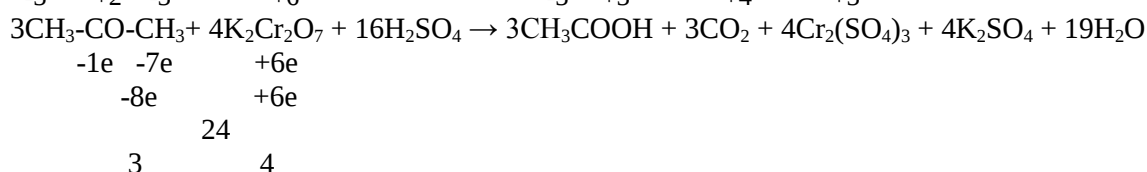
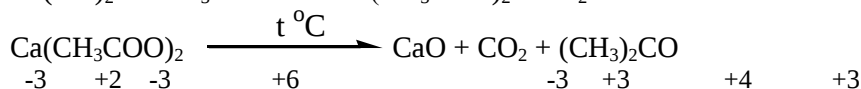
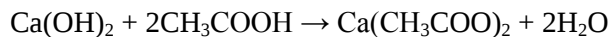
Міністерство освіти і науки України
Дніпровська академія неперервної освіти
Дніпропетровське відділення малої академії наук
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
Олімпіада з хімії 2025-2026
Міський (районний) тур

вихідну органічну сполуку А, але кількість її буде в два рази меншою за початкову. Цей ланцюг перетворень можна повторювати доти, доки сполука А практично повністю не зникне.

- 1) Встановіть формулу сполуки А?
- 2) Складіть рівняння хімічних реакцій до описаних перетворень.
- 3) Доведіть розрахунком, що в кожному циклі перетворень кількість сполуки А зменшується вдвічі.

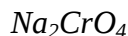
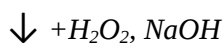
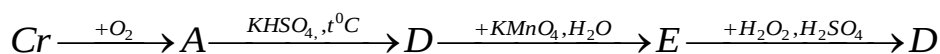
Розв'язування

А – оцтова кислота; В – ацетат кальцію; С – ацетон



Співвідношення між початковою оцтовою кислотою і ацетоном, що утворюється, складає 2 моль : 1 моль, тобто у кожному циклі перетворень кількість сполуки А зменшується вдвічі.

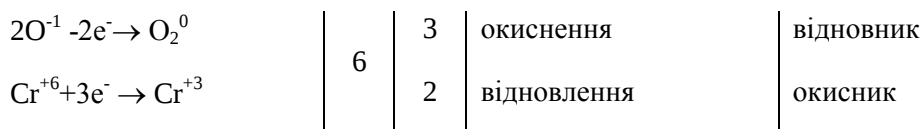
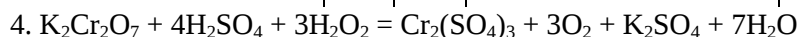
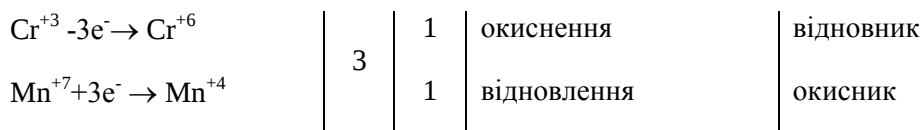
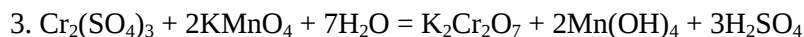
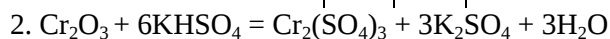
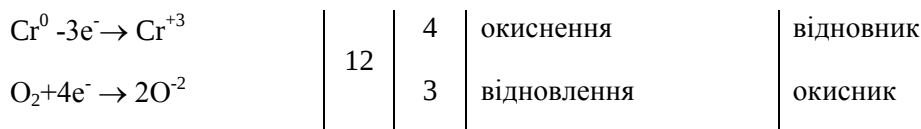
9. (15 балів) Перед Вами типовий ланцюг перетворень сполук Хрому:

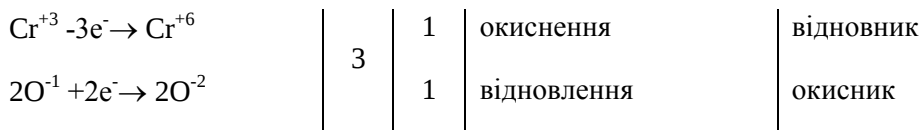
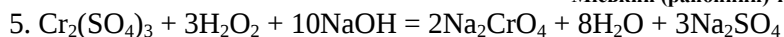


- 1) Визначте невідомі речовини та напишіть рівняння хімічних реакцій;
- 2) Для окисно-відновних перетворень складіть схеми електронного балансу, вкажіть процеси окиснення та відновлення, позначте окисники та відновники.

Розв'язування

А - Cr_2O_3 ; D - $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$; E - $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

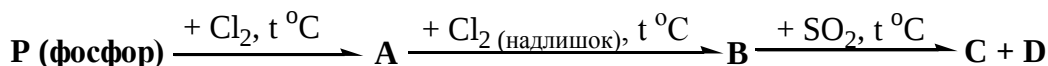




10. (15 балів) Галогеніди та оксогалогеніди неметалів – надзвичайно активні сполуки, що широко застосовуються в неорганічному та органічному синтезі. Більшість із них димить на повітрі, взаємодіючи з парами води. Водночас утворюються продукти реакції, через які вони одержали назву «галогенангідриди». У таблиці наведено характеристики деяких неорганічних хлорангідридів складу ECl_x або EO_yCl_z :

Речовина	$T_{\text{пл}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	Колір і агрегатний стан при 20°C	Густина при 20°C	Масова частка Cl, %
A	-90,3	75,3	Безбарвна рідина	1,57 г/см ³	77,45
B	160	Субл.	Зеленувато-білі кристали	2,1 г/см ³	85,13
C	1,2	107,2	Безбарвна рідина	1,65 г/см ³	69,36
D	-104,5	76	Безбарвна рідина	1,64 г/см ³	59,60

Речовини **A-D** можна одержати за наступною схемою:



Про речовину **C** відомо, що її молекулярна маса складає не менше 118 а.о.м.

- 1) Встановіть молекулярні формули речовин **A-D**;
- 2) Складіть рівняння описаних хімічних реакцій одержання речовин **A-D**;
- 3) Якби у Вас було по 100 см³ кожної із встановлених речовин **A-D**, то як би Ви визначили, для якої саме речовини кількість молекул є найбільшою?

Розв'язування

1. З умов отримання речовин **A** і **B** зрозуміло, що вони містять лише Фосфор і Хлор. Тоді можна порахувати співвідношення кількостей атомів елементів у формулах взявши по 100 г речовин:

A. $n(\text{P}) : n(\text{Cl}) = m(\text{P})/M(\text{P}) : m(\text{Cl})/M(\text{Cl}) = (100-77,45)/31 : 77,45/35,5 = 0,727 : 2,182 = 1:3$.

Формула речовини PCl_3

B. $n(\text{P}) : n(\text{Cl}) = m(\text{P})/M(\text{P}) : m(\text{Cl})/M(\text{Cl}) = (100-85,13)/31 : 85,13/35,5 = 0,480 : 2,40 = 1:5$.

Формула речовини PCl_5

Речовини **C** і **D** за умовами отримання можуть містити *Фосфор, Хлор, Сульфур і Оксиген*. Спробуємо знайти їх формули:

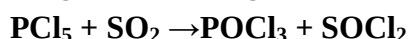
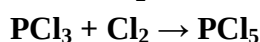
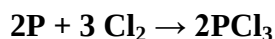
C. Оскільки молекулярна маса **C** не менше 118 а.о.м., то на Хлор у цій речовині припадає не менше $0,6936 \cdot 118 = 81,8$ а.о.м. Відповідно, вона містить не менше $81,8/35,5 = 2,3$ атомів хлору. Якщо у склад молекули входить 3 атоми хлору, то її маса буде $35,5 \cdot 3/0,6936 = 153,5$ а.о.м., з яких $35,5 \cdot 3 = 106,5$ припадає на хлор. Залишається $153,5 - 106,5 = 47$ а.о.м., що відповідає одному атому Фосфора і одному атому Оксигена.

Таким чином, **формула речовини POCl_3** .

Міністерство освіти і науки України
Дніпровська академія неперервної освіти
Дніпропетровське відділення малої академії наук
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
Олімпіада з хімії 2025-2026
Міський (районний) тур

D. Якщо у склад молекули входить 1 атом Хлору, то її маса $35,5/0,596 = 59,6$ а.о.м., з яких 35,5 припадає на Хлор. Залишається $59,6 - 35,5 = 24,1$ а.о.м., що менше атомної маси Сульфуру. Якщо у склад молекули входить 2 атоми Хлору, то її маса $35,5 \cdot 2/0,596 = 119,1$ а.о.м., з яких 71 припадає на хлор. Залишається $119,1 - 71 = 48,1$ а.о.м., що з гранично допустимою точністю (неточність пов'язана з округленням атомних мас) відповідає одному атому Сульфуру та Оксигену. Тому, **формула речовини SOCl_2 .**

2. Рівняння описаних реакцій отримання речовин **A-D**:



3. Кількість речовини, яка пропорційна кількості молекул, вираховується, як відношення маси речовини до її молекулярної маси: $\nu = m/M$. Щоб розрахувати масу речовини, потрібно помножити її густину (г/см^3) на об'єм (см^3), який у всіх речовин однаковий. Тому достатньо порівняти співвідношення ρ/M , щоб дати відповідь на це питання.

Вирахуємо відношення ρ/M :

$$1,57/137,5 = 0,0114(\text{A});$$

$$2,1/208,5 = 0,0101(\text{B});$$

$$1,65/153,5 = 0,0107(\text{C});$$

$$1,64/119 = 0,0138(\text{D}).$$

Виходить, що найбільша кількість молекул міститься у речовині **D**.