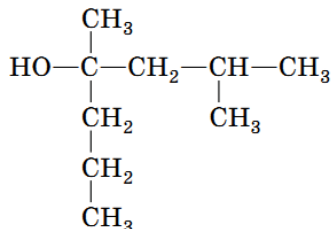


**Завдання**  
**III-го етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії**  
**2016-2017 навчальний рік**  
**Теоретичний тур**

**Завдання 1. Тести**

Завдання з однією правильною відповіддю. Кожна правильна відповідь оцінюється в 0,5 балів. Максимальна кількість балів – 2.

1. Укажіть назву за номенклатурою IUPAC речовини, структурна формула якої:



- А 2,4-диметилгептан-4-ол  
 Б 4,6-диметилгептан-4-ол  
 В 4-метил-2-пропілпентан-2-ол  
 Г 1,3-диметил-1-пропілбутан-1-ол

А	+
Б	
В	
Г	

2. Лаборант помістив порошок сірки в ложку для спалювання речовин і нагрів у полум'ї. Потім занурив ложку із сіркою, що горить, у колбу з киснем. Укажіть формулу продукту реакції горіння сірки в кисні:

- А SO<sub>2</sub>  
 Б SO<sub>3</sub>  
 В H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>  
 Д H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

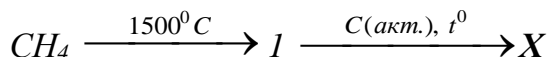
А	
Б	+
В	
Г	

3. Укажіть число структурних ізомерів, що відповідає формулі C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>:

- А 4  
 Б 5  
 В 6  
 Г 8

А	+
Б	
В	
Г	

4. Укажіть речовину (X), яка може бути кінцевим продуктом у схемі перетворення:



- А гексан  
 Б бензен  
 В циклогексан  
 Г метилбензен

А	
Б	+
В	
Г	

**Завдання на відповідність. Кожна правильна відповідь оцінюється в 0,5 балів. Максимальна кількість балів – 4.**

5. Установіть відповідність між хімічним процесом та типом хімічної реакції:

*Хімічний процес*

*Тип хімічної реакції*

- А алюмотермія  
 Б прожарювання вапняку  
 В горіння сірки в кисні  
 Г якісна реакція на хлорид-аніони в розчині

- 1 заміщення  
 2 нейтралізації  
 3 обміну  
 4 розкладу  
 5 сполучення

А	1
Б	4
В	5
Г	3

6. Установіть відповідність між хімічною реакцією та її продуктами:

*Хімічна реакція*

*Продукти хімічної реакції*

- А гідратація етену  
 Б термічне розкладання метану  
 В повне окиснення бутану  
 Г гідроліз хлорбензену

- 1 CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>O  
 2 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>  
 3 C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH  
 4 C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>  
 5 C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH

А	5
Б	2
В	1
Г	3

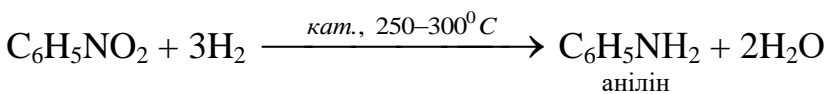
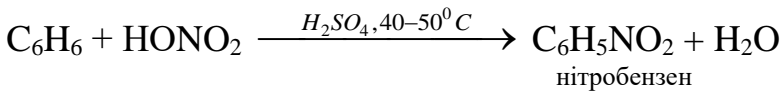
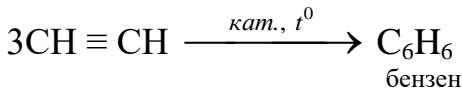
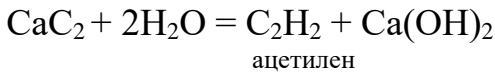
**Завдання на встановлення послідовності. Максимальна кількість балів – 4.**

7. Установіть послідовність використання речовин під час добування аніліну та запишіть відповідні рівняння реакцій:

- А CaC<sub>2</sub>
- Б C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>
- В C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>
- Г C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NO<sub>2</sub>

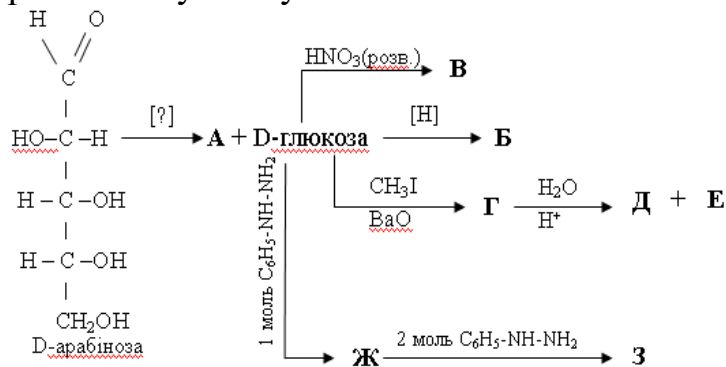
1	2	3	4
А	В	Б	Г

Розв'язок



**Задача 2. (8 балів)**

Розгляньте запропоновану схему:



- А Напишіть рівняння, що відповідають вказаним перетворенням (використовуйте структурні формули речовин).
- Б Визначте та назвіть речовини А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З.

**Задача 3. (10 балів)**

Органічна сполука А містить 54,55% Карбону, 9,09% Гідрогену та 36,36% Оксигену. Відносна густина парів речовини А за воднем – 22. Ця речовина з легкістю відновлює амоніаковий розчин аргентум оксиду. При відновленні 11 г цієї речовини воднем у присутності платинового каталізатора при 30 °С та подальшому пропусканні продукту реакції Б над алюміній оксидом при 350 °С утворюється вуглеводень В, який знебарвлює розчин бром у тетрахлорометані, утворюючи при цьому 37,5 г дибромпохідного Г.

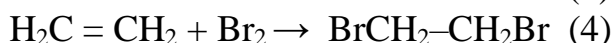
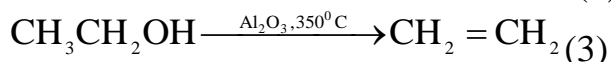
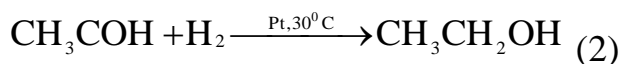
1. Установіть структурні формули речовин А-Г і назвіть їх.
2. Складіть рівняння хімічних реакцій, про які йдеться в умові задачі.
3. Обчисліть вихід речовини Г у розрахунку на узяту кількість речовини А.

Розв'язок

1. Молекулярна формула речовини А у загальному вигляді – C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>z</sub>. За умовою задачі:

$$x:y:z = \frac{54,55\text{г}}{12\text{г/моль}} : \frac{9,09\text{г}}{1\text{г/моль}} : \frac{36,36\text{г}}{16\text{г/моль}} = 2:4:1$$

2. Найпростіша формула речовини А:  $C_2H_4O$  ( $M(C_2H_4O) = 44$ ), а її молекулярна формула  $(C_2H_4O)_n$ . Оскільки  $M = 2 \cdot D(H_2) = 2 \cdot 22 = 44$ , то  $n = M(C_2H_4O)_n / M(C_2H_4O) = 1$ , отже найпростіша формула збігається з молекулярною. **А** =  $C_2H_4O$ .
3. Відновлення амоніакового розчину аргентум оксиду та приєднання водню при  $20^\circ C$  указує на наявність альдегідної групи  $CHO$ ; у цьому випадку **А** – етаналь (оцтовий альдегід)  $CH_3CHO$ . Його перетворення характеризують такі рівняння реакцій:



Отже, **А** –  $CH_3CHO$  етаналь

**Б** –  $CH_3CH_2OH$  етанол

**В** –  $CH_2=CH_2$  етилен

**Г** –  $BrCH_2-CH_2Br$  1,2 - дибромоетан

4.  $M(BrCH_2-CH_2Br) = 188$  г/моль

Для перетворень було взято  $n(CH_3CHO) = 11\text{г}/44\text{ г/моль} = 0,25$  моль

За рівнянням (2), (4) можна було отримати теоретично  $n_2 = n_1 = 0,25$  моль

$BrCH_2-CH_2Br$ , масою  $m_1 = 188 \cdot 0,25 = 47$  (г). У результаті дослідів отримали 37,5 г  $C_2H_4Br_2$ , отже, його вихід в розрахунку на узятий  $CH_3CHO$  становить  $n = 37,5/47 = 0,8$ , або 80 %

#### Задача 4. (12 балів)

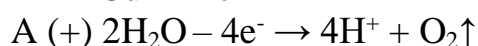
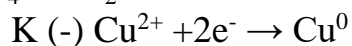
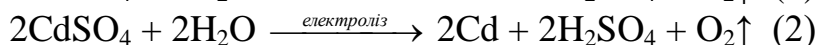
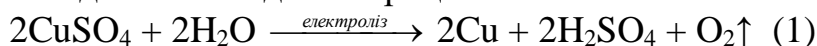
Крізь розчин, що містить 17,8 г сульфатів Купруму(II) та Кадмію, пропустили електричний струм силою 1,34 А. Для повного виділення кадмію та міді треба пропускати струм протягом 4 годин.

1. Установіть склад вихідної суміші сульфатів у % за масою.

2. Складіть схеми катодних та анодного процесів, сумарні рівняння електролізу (вважати, що на катоді не відбувається відновлення води).

*Розв'язок*

1. Складаємо рівняння електролізу сульфатів Купруму(II) та Кадмію, а також схеми катодних та анодного процесів:



2. Використовуючи закон Фарадея, обчислюємо об'єм кисню, що виділився:

$$4 \text{ год.} = 14400 \text{ с}$$

$$V(O_2) = (I \cdot t \cdot V_m) / n \cdot F = (1,34 \text{ А} \cdot 14400 \text{ с} \cdot 22,4 \text{ л/моль}) / (4 \cdot 96500 \text{ Кл/моль}) = 1,12 \text{ л}$$

$$n(O_2) = V/V_m = 1,12 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,05 \text{ моль}$$

3. За рівняннями (1) і (2):

$$n(CuSO_4) + n(CdSO_4) = 2 \cdot n(O_2) = 2 \cdot 0,05 = 0,1 \text{ моль}$$

Нехай  $n(CuSO_4) = x$  моль, а  $n(CdSO_4) = y$  моль, тоді

$$m(CuSO_4) = 160x \text{ г}, \text{ а } m(CdSO_4) = 208y \text{ г}$$

$$\begin{cases} x + y = 0,1 \\ 160x + 208y = 17,8 \end{cases} \times 160 \begin{cases} 160x + 160y = 16 \\ 160x + 208y = 17,8 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} 48y &= 1,8 \\ y &= 0,0375 \\ x &= 0,1 - 0,0375 = 0,0625 \end{aligned}$$

4. Знаходимо склад вихідної суміші за масою:

$$m(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г/моль} \cdot 0,0625 \text{ моль} = 10 \text{ г}$$

$$w(\text{CuSO}_4) = 10 \text{ г} / 17,8 \text{ г} = 0,562 = 56,2\%$$

$$w(\text{CdSO}_4) = 100\% - 56,2\% = 43,8\%$$

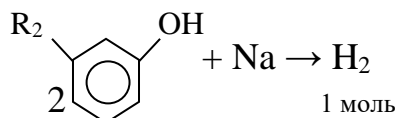
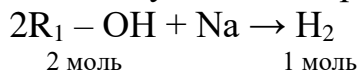
Відповідь:  $w(\text{CuSO}_4) = 56,2\%$ ,  $w(\text{CdSO}_4) = 43,8\%$

### Задача 5. (14 балів)

Суміш ненасиченого одноатомного спирту, молекула якого містить тільки один подвійний зв'язок, та гомолога фенолу загальною масою 2,82 г може прореагувати з 320 г 3% бромної води. Така ж суміш у реакції з надлишком натрію виділяє 481 мл водню при температурі 20 °С та нормальному атмосферному тиску. Визначте молекулярні та структурні формули речовин, їх масові частки у суміші.

*Розв'язок*

1. Записуємо схеми рівнянь реакцій:



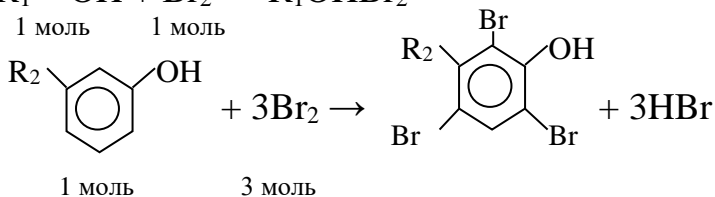
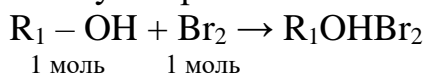
2 моль (гомолог фенолу)

2. Знаходимо кількості спирту та гомолога фенолу застосовуючи закон Менделєєва-Клапейрона:

$$PV = nRT, \text{ звідси } n(\text{H}_2) = PV / RT = (101,3 \cdot 0,481) / (8,31 \cdot 293) = 0,02 \text{ моль}$$

$$n(\text{R}_1\text{OH}) + n(\text{R}_2\text{OH}) = n(\text{H}_2) \cdot 2 = 0,02 \text{ моль} \cdot 2 = 0,04 \text{ моль}$$

3. Записуємо рівняння взаємодії з бромною водою:



4.  $n(\text{Br}_2) = 320 \cdot 0,03 / 160 = 0,06 \text{ моль}$

5. Складаємо систему рівнянь:

Нехай  $n(\text{R}_1\text{OH}) = x \text{ моль}$ , а  $n(\text{гомолог фенолу}) = y \text{ моль}$ , тоді

$$\begin{cases} x + y = 0,04 \\ x + 3y = 0,06 \end{cases}$$

$$2y = 0,02$$

$$y = 0,01 - \text{кількість гомолога фенолу}$$

$$x = 0,04 - 0,01 = 0,03 - \text{кількість спирту}$$

6. Знаходимо радикали  $\text{R}_1$  та  $\text{R}_2$

Нехай  $M(\text{R}_1) = a$ , тоді  $M(\text{R}_1\text{OH}) = a + 17$ ,

$$m(\text{R}_1\text{OH}) = M \cdot n = (a + 17) \cdot 0,03 = 0,03a + 0,51$$

Нехай  $M(\text{R}_2) = b$ , тоді  $M(\text{R}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}) = b + 93$ ,

$$m(\text{R}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}) = M \cdot n = (b + 93) \cdot 0,01 = 0,01b + 0,93$$

$$\text{Складаємо алгебраїчне рівняння: } 0,03a + 0,51 + 0,01b + 0,93 = 2,82$$

$$0,03a + 0,01b = 1,38$$

Припустимо, що  $R_2 - CH_3$ , тоді  $b = 15$

$$0,03a + 0,01 \cdot 15 = 1,38$$

$$0,03a = 1,23$$

$$a = 41$$

отже радикал  $R_1$  має формулу  $CH_2 = CH - CH_2 -$  найпростіший ненасичений замісник в одноатомному ненасиченому спирті.

Інші варіанти  $R_2$ , починаючи з  $C_2H_5$  не задовольняють умові, оскільки тоді  $M(a) < 41$

7. Визначаємо масові частки речовин у суміші:

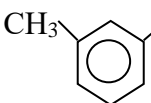
$$m(CH_2 = CH - CH_2 - OH) = 0,03 \cdot 58 = 1,74 \text{ г}$$

$$w(CH_2 = CH - CH_2 - OH) = 1,74 \text{ г} / 2,82 \text{ г} = 0,617 = 61,7\%$$

$$w(CH_3 C_6H_4OH) = 100\% - 61,7\% = 38,3\%$$

Відповідь: формула ненасиченого одноатомного спирту  $CH_2 = CH - CH_2 - OH$

( $w = 61,7\%$ )

формула гомолога фенолу  $CH_3$    $OH$  мета-ізомер ( $w = 38,3\%$ )

### Задача 6. (16 балів)

Унаслідок дії хлору на поширену у природі бінарну сполуку **A** (основний компонент болотного газу) в якості одного з продуктів реакції можна отримати бінарну сполуку **X**. **X** – важка рідина, яка не розчиняється у воді, проте за наявності металів (Fe, Al) реагує з водою за кімнатної температури. При дії  $SbF_3$  на **X** утворюється один з найважливіших фреонів **B**, який у 2,75 рази є важчим за вуглекислий газ, а при дії на **X** алюміній йодиду утворюються важкі червоні кристали речовини **B**, молекули якої є неполярними і приблизно у 20 разів важчими за атом Алюмінію.

В одному з дослідів для хлорування речовини **A** використовували  $Cl_2$ , який містив радіоактивний ізотоп  $^{36}Cl$  (період напіврозпаду  $\tau = 307000$  років). Для визначення ступеня збагачення **X** радіонуклідом  $0,001$  моль парів цієї речовини ввели у лічильник Гейгера. Через 30 хвилин, коли лічильник увійшов до робочого режиму, був розпочатий відлік, і за наступні 5 хвилин лічильник нарахував 20 розпадів атомів  $^{36}Cl$ .

1. Назвіть речовини **A** і **X**. Які умови перетворення **A** в **X**? Як називається механізм цієї реакції? Як називаються основні стадії цієї реакції? Запишіть приклади реакцій, що відповідають кожній стадії?
2. Складіть рівняння реакції **X** з водою.
3. Складіть рівняння реакції добування речовини **B**.
4. Складіть рівняння реакції добування речовини **B**.
5. Скільки атомів  $^{36}Cl$  встигли піддатися радіоактивному розпаду з моменту введення **X** у лічильник Гейгера до початку відліку?
6. Який відсоток усіх атомів Хлору в **X** становлять атоми  $^{36}Cl$ ?

(Згідно з основним законом радіоактивного розпаду, швидкість  $r$  розпаду радіонукліду пропорційна наявному числу  $N$  радіоактивних атомів:  $r = k \cdot N$ .

Коефіцієнт пропорційності становить  $k = \frac{\ln 2}{\tau} \approx \frac{0,693}{\tau}$ ).

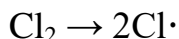
Розв'язок

1. А – метан, Х –  $\text{CCl}_4$  тетрахлорометан. Реакція відбувається при освітленні.

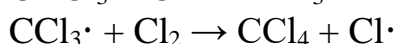
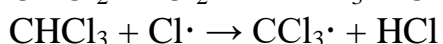
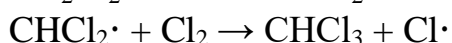
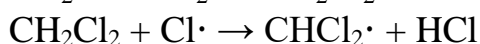
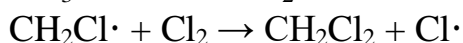
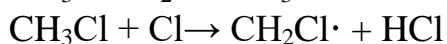
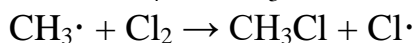
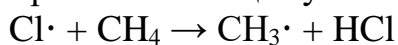
Механізм – радикально-ланцюговий.

Стадії:

а) Ініціювання (або зародження) ланцюгу:

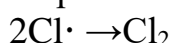


б) Зростання ланцюгу. Можливі реакції:



и т. д.

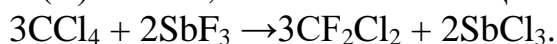
в) Обрив ланцюгу:



и рекомбінація інших радикалів.

2.  $\text{CCl}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{HCl}$ .

3.  $M(\text{Б}) = 44 \times 2,75 = 121$  г/моль. Цій молярній масі відповідає  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ .



Речовина Б – дифлуородихлорометан (фреон, або хладон-12).

4.  $3\text{CCl}_4 + 4\text{AlI}_3 \rightarrow 3\text{Cl}_4 + 4\text{AlCl}_3$ .

Речовина В – тетраїодометан.  $M(\text{Cl}_4) / M(\text{Al}) = 535 / 27 = 19,8 \approx 20$

5. Швидкість розпаду дорівнює  $r = \frac{20}{5} = 4$  ат./хв.

Під час спостереження кількість радіоактивних атомів  $N$  практично не змінюється, тому швидкість розпаду є сталою, й за перші 30 хвилин розпалося

$30 \times 4 = 120$  атомів.

$$6. k = \frac{0,693}{\tau} = \frac{0,693}{307000 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60} = 4,3 \cdot 10^{-12} \text{ хв}^{-1}$$

Тоді кількість атомів  $^{36}\text{Cl}$  у зразку становить:

$$N = \frac{r}{k} = \frac{4}{4,3 \cdot 10^{-12}} = 9,3 \cdot 10^{11}.$$

Усього в зразку було  $6,02 \cdot 10^{23} \cdot 0,01 \cdot 4 = 2,41 \cdot 10^{21}$  атомів Хлору.

Відсоток збагачення становить:

$$\phi = \frac{9,3 \cdot 10^{11}}{2,41 \cdot 10^{21}} \times 100\% = 3,86 \cdot 10^{-8}\%$$