

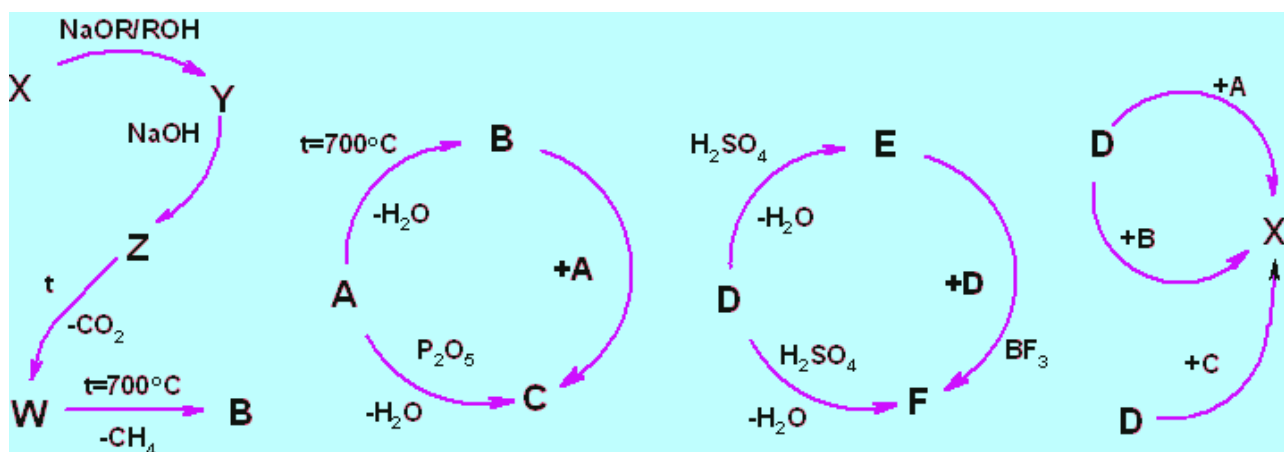
175-й річниці від дня народження  
**Дмитра Івановича Менделєєва**

**присвячується**



# 46 Всеукраїнська олімпіада з хімії

## IV етап



**Одеса**

2009

# **46 Всеукраїнська олімпіада з хімії**

## **IV етап**

### **Завдання і розв'язки**

**Web-сайт українських хімічних олімпіад**

**<http://www-chemo.univer.kharkov.ua/olympiad.htm>**

**Голова журі**

Ю. В. Холін

**Заступники голови журі**

К.С. Гавриленко  
С.А. Неділько

**Куратори класів і турів**

О. Ю. Усенко  
К.С. Гавриленко  
М.О. Колосов  
О.А. Жикол  
Д.М. Волочнюк  
О.Ю. Ляпунов

**Експерт олімпіади**

І. В. Комаров

**Представник Міністерства  
освіти і науки України, заступник  
голови оргкомітету**

Г. І. Мальченко

Комплект теоретичних завдань підготовлено на основі  
авторських задач, ідей та пропозицій

**В. Варгалюка**

**О. Ляпунова**

**М. Выборного**

**К. Мельникова**

**Д. Волочнюка**

**Є. Остапчука**

**К. Гавриленка**

**С. Павленка**

**О. Григоренка**

**П. Попеля**

**Д. Кандаскалова**

**Р. Полуніна**

**О. Коваленко**

**С. Пуніна**

**М. Колосова**

**В. Стецика**

**С. Колотілова**

**О. Усенка**

**В. Кубишкіна**

**Ю. Холіна**

Експериментальні завдання підготовлені викладачами  
хімічного факультету Одеського національного  
університету імені І.І. Мечнікова

© 2009 Журі 46 Всеукраїнської  
олімпіади з хімії

*При розміщенні матеріалів на Web-сайтах обов'язковим є посилання на  
джерело інформації. Передрук матеріалів без дозволу журі олімпіади не  
дозволяється.*

# **ЗМІСТ**

**Журі 46-ї Всеукраїнської олімпіади з хімії**

**Теоретичні тури 46-ї Всеукраїнської олімпіади з хімії.  
Завдання і розв'язки**

**Програма IV етапу Всеукраїнської олімпіади з хімії**

**До викладачів, науковців, учителів, студентів, аспірантів**

## **Журі 46-ї Всеукраїнської олімпіади з хімії**

ХОЛІН Ю.В.	проректор Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна, професор, доктор хімічних наук (голова)
ГАВРИЛЕНКО К.С.	старший науковий співробітник Науково-виробничого хіміко-біологічного центру Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кандидат хімічних наук (заступник голови)
НЕДІЛЬКО С.А.	професор Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доктор хімічних наук (заступник голови)
ЧУЙКО Ю.І.	методист комунального закладу „Харківський обласний науково-методичний інститут безперервної освіти” (секретар)
БЕРЕЗАН О.В.	вчитель Нововолинського обласного ліцею-інтернату Волинської області, кандидат педагогічних наук
ВАРГАЛЮК В.Ф.	декан Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, професор, доктор хімічних наук
ВЕДУТА В.В.	доцент Одеського національного університету імені І.І.Мечникова, кандидат хімічних наук
ВИБОРНИЙ М.А.	студент Київського національного університету імені Тараса Шевченка
ВОЛОЧНЮК Д.М.	старший науковий співробітник Інституту органічної хімії НАН України, кандидат хімічних наук
ГНАТИШИН Н.М.	заступник директора державного вищого навчального закладу „Калуський хіміко-технологічний коледж” Івано-Франківської області
ГРИГОРЕНКО О.О.	асистент Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кандидат хімічних наук
ГРУЗНОВА С.В.	доцент Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г.Шевченка, к.х.н.
ДЯЧЕНКО В.Д.	декан Луганського національного університету імені Тараса Шевченка, професор, доктор хімічних наук
ЖИКОЛ О.А.	науковий співробітник НТК „Інститут монокристалів” НАН України, кандидат хімічних наук
ЗІЛЬБЕРМАН А.А.	старший викладач Одеського обласного інституту удосконалення вчителів
ІВАНЧЕНКО П.О.	доцент Одеського національного університету імені І.І.Мечникова, кандидат хімічних наук
КАЛІНІЧЕНКО Є.О.	аспірант Донецького національного університету
КАНДАСКАЛОВ Д.В.	студент Київського національного університету імені Тараса Шевченка

КОЛОСОВ М.О.	доцент Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна, кандидат хімічних наук
КОЛОТІЛОВ С.В.	старший науковий співробітник Інституту фізичної хімії НАН України, кандидат хімічних наук
КОНДРАТОВ І.С.	молодший науковий співробітник Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України, кандидат хімічних наук
ЛОГІНОВА Л.П.	завідувач кафедри Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, професор, доктор хімічних наук
ЛЯВИНЕЦЬ О.С.	декан Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, професор, доктор хімічних наук
ЛЯПУНОВ О.Ю.	науковий співробітник Інституту фізико-органічної хімії імені О.В. Богатського НАН України, кандидат хімічних наук
МАЛАХОВА Н.М.	доцент Одеського національного університету імені І.І.Мечникова, кандидат хімічних наук
МАНЖОС О.П.	доцент Сумського державного університету, кандидат хімічних наук
ОСТАПЧУК Є.О.	науковий співробітник НВП ТОВ „Єнамін”
ПОПЕЛЬ П.П.	доцент Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кандидат хімічних наук
РЯБУХІН С.В.	старший науковий співробітник НВП ТОВ „Єнамін”, кандидат хімічних наук
СОЛДАТКІНА Л.М.	доцент Одеського національного університету імені І.І.Мечникова, кандидат хімічних наук
СОМОВ В.М.	старший викладач Волинського національного університету імені Лесі Українки
СТАРОСТА В.І.	професор Ужгородського національного університету, доктор педагогічних наук, кандидат хімічних наук
СУГАТОВ О.П.	вчитель загальноосвітньої школи I-III ступенів № 10 м. Керчі Автономної Республіки Крим
УСЕНКО О.Ю.	директор ТОВ „Сігмафарм”

**Теоретичні тури  
46-ї Всеукраїнської  
олімпіади з хімії**

**Завдання і розв'язки**

## Шановні учасники олімпіади!

1. При виконанні завдань дозволяється користуватися лише зошитом, ручкою, таблицею Періодичної системи елементів і довідковими матеріалами, виданими організаторами. Дозволяється користуватися власними олівцями, лінійками і непрограмованими калькуляторами. Користуватися шпаргалками, мобільними телефонами, додатковими довідковими матеріалами, консультуватися з будь-якими особами, окрім кураторів класів, **ЗАБОРОНЕНО**. ПОРУШЕННЯ ЦИХ ПРАВИЛ МОЖЕ ПРИВЕСТИ ДО СКАСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТУРУ.

2. З питаннями щодо правильного розуміння змісту завдань звертайтеся до куратора, якого до класу запросить черговий.

3. На розв'язання завдань відводиться 4 години. Час закінчення туру вказується на дошці. Затримка зі здачею зошиту з розв'язками на 5 хвилин чи більше веде до скасування результатів туру.

4. Повно та аргументовано відповідайте на питання, поставлені в умові задачі. Правильні твердження, що не мають відношення до поставлених у задачі питань, не оцінюються. Правильна відповідь, не підкріплена логічними аргументами чи розрахунками, оцінюється лише мінімальною кількістю балів.

5. Розв'язання кожної задачі розпочинайте з нової сторінки. Чітко позначайте номер задачі, що розв'язується. Якщо до розв'язування певної задачі ви поверталися декілька разів, наприкінці кожного з фрагментів розв'язку пишiть: "Продовження розв'язку див. після задачі \_\_\_".

6. Якщо для відповіді на питання задачі вам видано АРКУШ ВІДПОВІДЕЙ, всі свої відповіді записуйте лише у спеціально відведених для цього місцях на АРКУШІ ВІДПОВІДЕЙ.

7. Для чернетки виділяється друга половина зошиту. Записи в чернетці не перевіряються і не оцінюються.

8. При нестачі паперу звертайтеся до чергового в класі з проханням видати додатковий зошит.

9. Викладайте розв'язки завдань зручною для вас мовою. Граматичні помилки не впливають на оцінку роботи.

### Корисна інформація

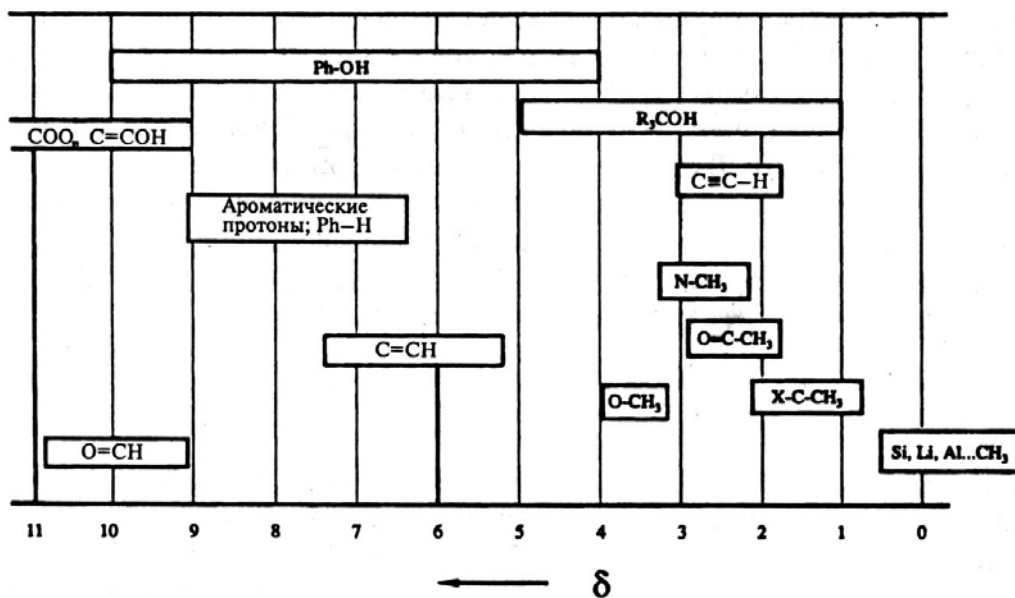
стала Авогадро $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>	мольний об'єм ідеального газу за н.у. $22.4$ л·моль <sup>-1</sup> .
заряд електрона $1.6021892 \cdot 10^{-19}$ Кл	рівняння стану ідеального газу (Менделєєва-Клапейрона) $PV = nRT$
універсальна газова стала $R = 8.314$ Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>	формула Планка $E = h\nu$
стала Планка $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с	закон Бера-Бугера-Ламберта $A = \epsilon c l$
швидкість світла у вакуумі $c = 3 \cdot 10^8$ м·с <sup>-1</sup>	$\Delta_r G^\circ = -RT \ln K = -nFE_{cell}^\circ$
стала Фарадея $1 F = 96485$ Кл·моль <sup>-1</sup>	рівняння Нернста $E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{\Pi(Ox_i)^{v_i}}{\Pi(Red_i)^{v_i}}$
нормальні умови (н.у.): температура $0^\circ\text{C}$ , тиск $1$ атм.	рівняння Арреніуса $k = A \exp\left(-\frac{E_A}{RT}\right)$
стандартний тиск $1$ Бар = $10^5$ Па $1$ атм = $1,01325$ Бар = $1,01325 \cdot 10^5$ Па = = $760$ мм рт. ст.	іонний добуток води $K_w = 10^{-14}$



## Періодична система елементів Д.І. Менделєєва

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											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 -

Хімічні зсуви ядер в спектрах  $^1\text{H}$  ЯМР

## 8 клас

## I тур

**Задача 1. Василь, Петро та Степан**

Вчитель хімії загадав неорганічну сполуку **X**, що є стійкою в індивідуальному вигляді, і окремо кожному з учнів Василю, Петру та Степану дав такі підказки щодо цієї сполуки.

Василеві: «Молекула сполуки **X** складається з атомів гідрогену, кисню та одного атому елемента третього періоду Періодичної системи елементів, який має найвищу можливу для нього валентність».

Петру: «Сполука **X** є єдиним продуктом реакції відповідного оксиду з водою, причому з 1 моль води та 1 моль оксиду утворюється 1 моль сполуки **X**. Атомна маса найважчого елемента, що входить до складу **X**, менша за 35 г/моль».

Степанові: «Сполука **X** не містить атомів металів, а її молярна маса менша за 100 г/моль. При реакції з баритовою водою водний розчин сполуки **X** дає осад».

Поміркувавши над своїми підказками, хлопці по черзі дали такі відповіді, причому кожен спочатку прокоментував свою підказку:

Василь: «На основі своєї підказки я можу запропонувати вісім варіантів відповіді стосовно сполуки **X**».

Петро: «За допомогою лише своєї підказки я можу запропонувати три варіанти відповіді, але на основі своєї підказки та підказки Василя я стверджую, що варіантів відповіді – два».

Степан: «На основі своєї підказки та таблиці розчинності я можу запропонувати шість варіантів відповіді. Коли я почув підказку Василя, то моя кількість варіантів відповіді зменшилась до двох. А коли стала відома підказка Петра, то в мене залишився єдиний варіант відповіді стосовно сполуки **X**».

1. Чи не помилилися хлопці у кількостях варіантів відповідей? Напишіть всі варіанти відповідей будови сполуки **X**, які мають на увазі хлопці під час кожного етапу міркувань. Відповідь поясніть.
2. Встановіть сполуку **X**.
3. Напишіть всі рівняння реакцій (для кожного з варіантів відповіді), що згадуються в умові задачі.
4. Чи не достатньо було лише двох підказок, щоб встановити сполуку **X**?

**При розв'язанні задачі користуйтеся таблицею розчинності Степана.**

**Таблиця розчинності Степана**

Катіон аніон	H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>
OH <sup>-</sup>		Р	Р	Р	–	Р	М	М	Н	Н	–	Н	Н	Н	Н
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Cl <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р
S <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Р	–	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	М	М	М	Р	М	–	–	Н	М	–	–
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	М	Н	М	Р	Р	Р	–	М	Р	Р	Р
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	–	Н	Н	Н	–	–
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Н	–	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	Н	Н	–	–
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р

**Р** - розчинна (>1 г в 100 г води);

**М** - малорозчинна (0,001 г - 1г в 100 г води);

**Н** - нерозчинна (< 0,001 г в 100 г води);

– - розкладається водою або не існує.

### Задача 1. Вася, Петя и Степа

Учитель химии загадал неорганическое соединение **X**, устойчивое в индивидуальном состоянии, и отдельно каждому из учеников Васе, Пете и Стёпе дал следующие подсказки об этом веществе.

Васе: «Молекула соединения **X** состоит из атомов водорода, кислорода и одного атома элемента третьего периода Периодической системы элементов, проявляющего наивысшую возможную для него валентность».

Пете: «Соединение **X** является единственным продуктом реакции соответствующего оксида с водой, причём из 1 моль воды и 1 моль оксида образуется 1 моль вещества **X**. Атомная масса самого тяжёлого из элементов, входящих в состав **X**, меньше 35 г/моль».

Стёпе: «Соединение **X** не содержит атомов металлов, а его молярная масса меньше 100 г/моль. При реакции с баритовой водой водный раствор соединения **X** даёт осадок».

Подумав над своими подсказками, школьники по очереди дали такие ответы, причём каждый сначала прокомментировал свою подсказку.

Вася: «На основании своей подсказки я могу предложить восемь вариантов ответа о соединения **X**».

Петя: «С помощью только своей подсказки я могу предложить три варианта ответа, но на основании своей подсказки и подсказки Васи я утверждаю, что вариантов ответа – два».

Степа: «На основании своей подсказки и таблицы растворимости я могу предложить шесть вариантов ответа. Когда я услышал подсказку Васи, моё число вариантов ответов уменьшилось до двух. А когда мне стала известна подсказка Пети, у меня остался единственный вариант соединения **X**».

1. Не ошиблись ли школьники в числе вариантов ответов? Напишите все варианты соединения **X**, которые школьники имеют в виду на каждом этапе рассуждений. Ответ объясните.
2. Установите соединение **X**.
3. Напишите все уравнения реакций (для каждого из вариантов ответа), упомянутых в условии задачи.
4. Не было ли достаточно лишь двух подсказок, чтобы установить соединение **X**?

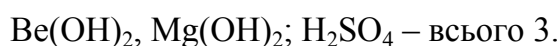
**При решении задачи пользуйтесь таблицей растворимости Стёпы.**

### Розв'язок

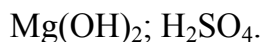
1. Очевидно, що за умовами першої підказки сполуці **X** відповідають такі речовини:

$\text{NaOH}$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{HPO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HClO}_4$  – всього 8.

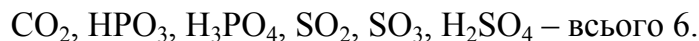
Умовам другої підказки сполуці **X** відповідають такі речовини:



Умовам обох підказок відповідають сполуки:



Умовам третьої підказки сполуці **X** відповідають такі речовини:

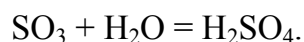
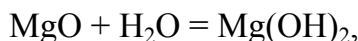
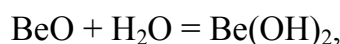


Умовам першої та третьої підказок відповідають сполуки

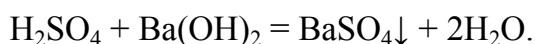
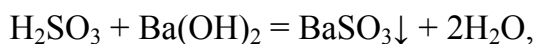
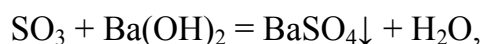
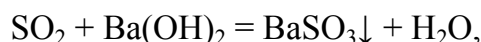
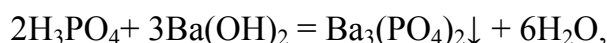
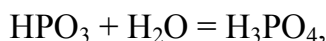
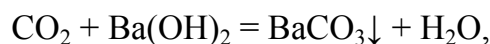


2. З трьох підказок очевидно, що сполука **X** –  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

3. Реакції оксидів з водою:



Реакції з баритовою водою:



4. Очевидно, що останніх двох підказок достатньо для з'ясування сполуки **X**.

## Задача 2. Кулька

Еквімолярна суміш двох газів має густину за воднем 6. Газову кульку об'ємом  $100 \text{ см}^3$  (за н.у.) заповнили цією газовою сумішшю, принесли у приміщення об'ємом  $5 \text{ м}^3$  (тиск 1 атм., температура  $25^\circ\text{C}$ ) та зробили в ній отвір.

1. Встановіть якісний склад вихідної газової суміші, якщо вона не підтримує горіння.
2. До якої групи газів входять компоненти суміші? Поясніть походження їх назв.
3. Розрахуйте масові частки газів у кімнаті після руйнування кульки (прийняти, що в повітрі об'ємні частки газів дорівнюють: азоту 78.00%, кисню 21.06%, вуглекислого газу 0.93%, аргону 0.01%).
4. Яким би міг бути склад суміші, якщо б вона підтримувала горіння?

**Задача 2. Шарик**

Эквимольная смесь двух газов имеет плотность по водороду 6. Шарик объемом  $100 \text{ см}^3$  (при н.у.) заполнили этой смесью, принесли в помещение объемом  $5 \text{ м}^3$  (давление 1 атм, температура  $25^\circ\text{C}$ ) и сделали в ней отверстие.

1. Установите качественный состав исходной газовой смеси, если она не поддерживает горения.
2. В какую группу газов входят компоненты смеси? Объясните происхождение их названий.
3. Рассчитайте массовые доли газов в комнате после разрушения шарика (принять что в воздухе объемные доли газов составляют: азота 78.00%, кислорода 21.06%, углекислого газа 0.93%, аргона 0.01%).
4. Каким бы мог быть состав смеси, если бы она поддерживала горение?

**Розв'язок**

1,2.  $M(\text{суміш}) = 12 \text{ г/моль}$ ,  $(M_1+M_2) / 2 = 12 \text{ г/моль}$ , тому  $M_1 + M_2 = 24 \text{ г/моль}$ .

Єдиний правильний логічний варіант – суміш складалась з гелію (He – від грецької *helios* - сонце) та неону (Ne від грецької *neos* – новий).

3.  $n(\text{Ne}) = n(\text{He}) = 0.1 / (22.4 \cdot 2) = 2.2 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$ .

Кількість речовини газів у кімнаті до введення неону та гелію:

$nRT = PV$ ,  $n = PV/RT = 101.3 \cdot 5000 / (8.314 \cdot 298) = 204.43 \text{ моль}$ ,

$n(\text{N}_2) = 204.43 \cdot 0.78 = 159.46 \text{ моль}$ ,

$n(\text{O}_2) = 204.43 \cdot 0.2106 = 43.05 \text{ моль}$ ,

$n(\text{CO}_2) = 1.9 \text{ моль}$ ,  $n(\text{Ar}) = 0.0204 \text{ моль}$ .

Газ	$\text{N}_2$	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$	Ar	Ne	He
Маса, г	4464.9	1377.6	83.6	0.816	0.044	$8.8 \cdot 10^{-3}$
масова частка, %	75.33	23.24	1.41	0.0138	$7.44 \cdot 10^{-4}$	$1.5 \cdot 10^{-4}$

4. Наприклад,  $\text{CD}_4 + \text{He}$ ,  $\text{CD}_4 + \text{H}_2$ ,  $\text{Ne} + \text{H}_2$ .

**Задача 3. Гоша і барабан**

З дитинства Гоша мріяв стати барабанщиком, але батьки не дозволили йому займатися музикою, і він став займатися хімією. Проте з часом він не полишив своєї мрії і коли підріс зібрав невеличку ударну установку та після роботи любляв грати на ній, задовольняючи таким чином свій потяг до мистецтва. З часом, прислуховуючись до гри відомих барабанщиків, Гоша став помічати, що звучання тарілок (елемент ударної установки) в них набагато яскравіше, більш тонально насичене... Замислившись над причиною такої відмінності, Гоша вирішив визначити

хімічний склад сплавів, з яких роблять тарілки марки „Paiste 302” (саме такий комплект тарілок входив до ударної установки Гоши), „Sabian B8” (професійні тарілки, на яких грають переважно рок-музиканти) та „Paiste 602” (професійні тарілки, на яких грають деякі джазові барабанщики). З кожним зразком Гоша провів наступні перетворення:

1) розчинення в невеликому надлишку концентрованої сірчаної кислоти (утворення **розчину I**);

2) дія на **розчин I** розчину NaOH (надлишок) з утворенням **розчину II** та блакитного **осаду I** (після прожарювання стає чорним);

3) дія на **розчин II** розведеної хлоридної (соляної) кислоти до слабкого рН з наступною дією розчином Na<sub>2</sub>S (надлишок) з утворенням **осаду II**.

Одержані **осади I** та **II** було прожарено до сталої ваги, їх маси та колір у випадку кожного зразка сплавів наведено у таблиці:

Марка тарілок	Маса вихідного зразку	Осад I	Осад II
„Paiste 302”	1.250 г	0.970 г	0.707 г (безбарвний)
„Sabian B8”	1.100 г	1.267 г	0.111 г (бурий)
„Paiste 602”	1.050 г	1.051 г	0.268 г (бурий)

1. Допоможіть Гоші визначити якісний та кількісний хімічний склад сплавів, з яких роблять тарілки кожної марки, якщо відомо, що кожний сплав складається лише з двох металів, а **осади I** та **II** є індивідуальними неорганічними бінарними сполуками двовалентних металів.
2. Напишіть рівняння проведених реакцій.
3. Які тривіальні назви мають сплави, з яких роблять тарілки наведених марок?
4. Як ви гадаєте, чому тарілки „Paiste 602” часто називають двофазовими тарілками?

### Задача 3. Гоша и барабан

С детства Гоша мечтал стать барабанщиком, но родители не разрешили ему заниматься музыкой, и он занялся химией. Но он не забыл о своей мечте. Когда Гоша подрос, он собрал небольшую ударную установку и после работы иногда играл на ней, удовлетворяя таким образом свою тягу к прекрасному. Со временем, прислушиваясь к игре известных ударников, Гоша стал замечать, что звучание тарелок (элемент ударной установки) у них намного ярче, тонально насыщенней... Задумавшись о причине такого отличия, Гоша решил определить химический состав сплавов, из которых делают тарелки марки „Paiste 302” (именно такой комплект



тарелок входил в состав ударной установки Гоши), „Sabian B8” (профессиональные тарелки, на которых преимущественно играют рок-музыканты) и „Paiste 602” (профессиональные тарелки, используемые некоторыми джазовыми ударниками). С каждым образцом Гоша провёл следующие превращения:

1) растворение в небольшом избытке концентрированной серной кислоты (образование **раствора I**);

2) действие на **раствор I** раствора NaOH (избыток) с образованием **раствора II** и голубого **осадка I** (после прокаливания становящегося чёрным);

3) действие на **раствор II** разбавленной хлоридной (соляной) кислоты до слабокислого значения pH с последующим действием раствора Na<sub>2</sub>S (избыток) с образованием **осадка II**.

Полученные **осадки I** и **II** были прокалены до постоянной массы. Их массы и цвета для каждого образца сплавов приведены в таблице:

Марка тарелок	Масса исходного образца	Осадок I	Осадок II
„Paiste 302”	1.250 г	0.970 г	0.707 г (белый)
„Sabian B8”	1.100 г	1.267 г	0.111 г (бурый)
„Paiste 602”	1.050 г	1.051 г	0.268 г (бурый)

1. Помогите Гоше установить качественный и количественный химический состав сплавов, из которых делают тарелки каждой марки, если известно, что каждый сплав состоит из двух металлов, а **осадки I** и **II** являются индивидуальными неорганическими бинарными соединениями двухвалентных металлов.
2. Напишите уравнения проведённых реакций.
3. Каковы тривиальные названия сплавов, из которых желают тарелки приведённых марок?
4. Как Вы думаете, почему тарелки „Paiste 602” часто называют двухфазовыми тарелками?

### Розв’язок

1. Неважко зрозуміти, що **осад I** – оксиди, а **осад II** – сульфід металів. Для кожного зразка можна скласти систему рівнянь:

$$n_1M_1 + v_2M_2 = m_1,$$

$$n_1(M_1+16) = m_2,$$

$$n_2(M_2+32) = m_3,$$

$n_1, n_2$  – кількості речовини кожного металу;  $M_1, M_2$  – молярні маси металів;  $m_1, m_2, m_3$  – маси зразку, **осаду I** та **осаду II**, відповідно.

Серед невеликої кількості варіантів, які задовольняють умові задачі, легко дійти до висновку що один з металів ( $M_1$ ) – мідь (дає  $\text{CuO}$  – чорний осад). Тоді легко розрахувати  $M_2$ :

$$n_2 M_2 = m_3 M_2 / (M_2 + 32) = m_1 - M_1 m_2 / (M_1 + 16)$$

Звідси, підставивши значення для першого ступу:

$$M_2 / (M_2 + 32) = 0.67, M_2 \approx 65 \text{ (Zn)}.$$

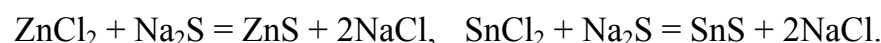
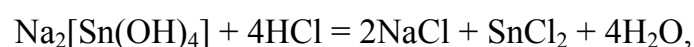
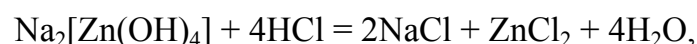
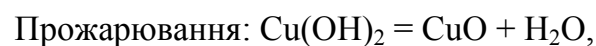
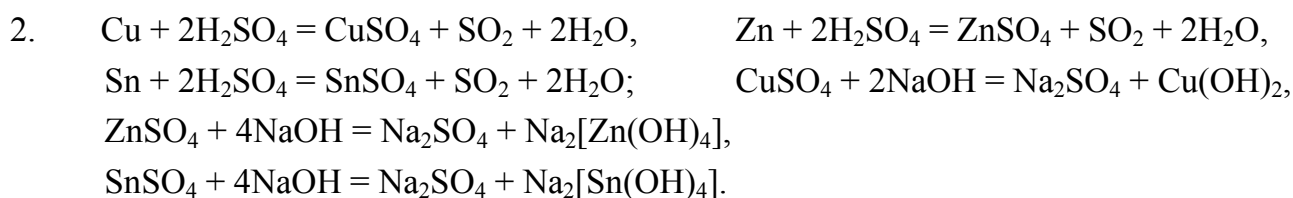
Для другого ступу:

$$M_2 / (M_2 + 32) = 0.78, M_2 \approx 116 \text{ (Sn)}.$$

Для третього ступу:

$$M_2 / (M_2 + 32) = 0.78, M_2 \approx 116 \text{ (Sn)}$$

Масові частки металів у стопах: 1) 62% Cu, 38% Zn; 2) 92% Cu, 8 % Sn; 3) 80% Cu, 20% Sn.



3. 1) Латунь; 2) і 3) бронза.

4. Повністю у міді розчиняється 8 % олова; у стопах, з яких виготовлені тарілки „Paiste 602”, певна частка олова не розчиняється у «зернах» міді, а розташовується між ними.

#### Задача 4. Розчин

Вам належить приготувати 1 л води, яка імітує воду деякого природного джерела і містить іони  $\text{Ca}^{2+}$  (концентрація цих іонів 80 мг/л),  $\text{Mg}^{2+}$  (24 мг/л),  $\text{Na}^+$  (4,6 мг/л),  $\text{HCO}_3^-$  (305 мг/л) і  $\text{SO}_4^{2-}$  (57,6 мг/л).

1. Які солі вам знадобляться для цього?

2. Обчисліть масу кожної з них.

3. Чи здійснюватимете хімічні реакції? Якщо так, то які саме? Опишіть хід виконання завдання.

**Зважте на те, що гідрогенкарбонати кальцію і магнію у твердому стані не існують.**

**Задача 4. Раствор**

Вам необхідно приготувати 1 л води, імітуючої воду некоего природного джерела, що містить іони  $\text{Ca}^{2+}$  (концентрація цих іонів 80 мг/л),  $\text{Mg}^{2+}$  (24 мг/л),  $\text{Na}^+$  (4,6 мг/л),  $\text{HCO}_3^-$  (305 мг/л) і  $\text{SO}_4^{2-}$  (57,6 мг/л).

1. Які соли потрібні вам для цього?
2. Обчисліть масу кожної з них.
3. Чи будуть проводити хімічні реакції? Якщо так, то які? Опишіть ход виконання завдання.

**Учтите, что гидрокарбонаты кальция и магния в твёрдом виде не существуют.**

**Розв'язок**

В об'ємі дистильованої води, меншому за 1 л, потрібно розчинити 0,0142 г (0,1 ммоль)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 0,06 г (0,5 ммоль)  $\text{MgSO}_4$ , додати 0,042 г (0,5 ммоль)  $\text{MgCO}_3$ , 0,2 г (2 ммоль)  $\text{CaCO}_3$  і пропустити вуглекислий газ до «розчинення» карбонатів магнію і кальцію (перетворення їх на кислі соли). Потім довести дистильованою водою об'єм добутого розчину до 1 л.

**Задача 5. П'ять**

Виберіть п'ять елементів **A**, **B**, **C**, **D** та **E** та напишіть для них рівняння реакцій відповідно до таких умов:

1. **П'ять** рівнянь реакцій, в кожній з яких фігурують **п'ять** елементів **A**, **B**, **C**, **D** та **E**.
2. **Чотири** рівняння реакцій, в кожній з яких фігурують **чотири** елементи **A**, **B**, **C** та **D**.
3. **Три** рівняння реакцій, в кожній з яких фігурують **три** елементи **A**, **B** та **C**.
4. **Два** рівняння реакцій, в кожній з яких фігурують **два** елементи **A** та **B**.
5. **Одне** рівняння реакції, в якій фігурує **один** елемент **A**.

*Не будуть враховуватись реакції, які є зворотними до вже написаних.*

**Задача 5. Пять**

Виберите пять элементов **A**, **B**, **C**, **D** и **E** и напишите для них уравнения реакций в соответствии со следующими требованиями:

1. **Пять** уравнений реакций, в каждой из которых фигурирует **пять** элементов **A**, **B**, **C**, **D** и **E**.
2. **Четыре** уравнения реакций, в каждой из которых фигурирует **четыре** элемента **A**, **B**, **C** и **D**.

3. Три уравнения реакций, в каждой из которых фигурирует **три** элемента **А, В** та **С**.
4. Два уравнения реакций, в каждой из которых фигурирует **два** элемента **А** та **В**.
5. Одно уравнение реакции, в которой фигурирует **один** элемент **А**.
- Не будут учитываться реакции, являющиеся обратными к уже написанным.*

## Розв'язок

Один із можливих варіантів: **А** – оксиген, **В** – сульфур, **С** – гідроген, **Д** – натрій, **Е** – цинк.

Рівняння реакцій:

- $$\text{ZnSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Zn(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4,$$

$$\text{Na}_2[\text{Zn(OH)}_4] + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{ZnSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O},$$

$$\text{NaHS} + \text{ZnSO}_4 = \text{NaHSO}_4 + \text{ZnS},$$

$$\text{Na}_2[\text{Zn(OH)}_4] + \text{Na}_2\text{S} = \text{ZnS} + 4\text{NaOH},$$

$$\text{Na}_2[\text{Zn(OH)}_4] + 2\text{SO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{ZnSO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}.$$
- $$\text{SO}_2 + \text{NaOH} = \text{NaHSO}_3,$$

$$\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O},$$

$$\text{Na} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\uparrow,$$

$$\text{NaOH} + \text{H}_2\text{S} = \text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}.$$
- $$\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O},$$

$$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4,$$

$$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7.$$
- $$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3,$$

$$\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2.$$
- $$3\text{O}_2 = 2\text{O}_3.$$

## Задача 6. Атоми

1. Заповніть пропуски в таблиці

Атом	Число протонів	Число електронів	Число нейтронів	Масове число
Ca				40
		52		128
	66		96	
			42	75

2. Запишіть електронні конфігурації зовнішніх оболонок атомів елементів.

3. Виходячи з електронної будови атомів, запропонуйте характерні ступені окиснення елементів у їх сполуках. Для кожного із ступенів окиснення наведіть по одному прикладу сполук.

### Задача 6. Атомы

1. Заполните пропуски в таблице

Атом	Число протонов	Число электронов	Число нейтронов	Массовое число
Ca				40
		52		128
	66		96	
			42	75

2. Запишите электронные конфигурации внешних оболочек атомов элементов.

3. Исходя из электронного строения атомов, предложите характерные степени окисления элементов в их соединениях. Для каждой из степеней окисления приведите по одному примеру соединения.

### Розв'язок

Атом	Число протонів	Число електронів	Число нейтронів	Масове число
Ca	20	20	20	40
Te	52	52	76	128
Dy	66	66	96	162
As	33	33	42	75

Ca:  $4s^2$ , Te:  $4d^{10}5s^2p^4$ , Dy:  $6s^24f^{10}$ , As:  $4s^24p^3$ .

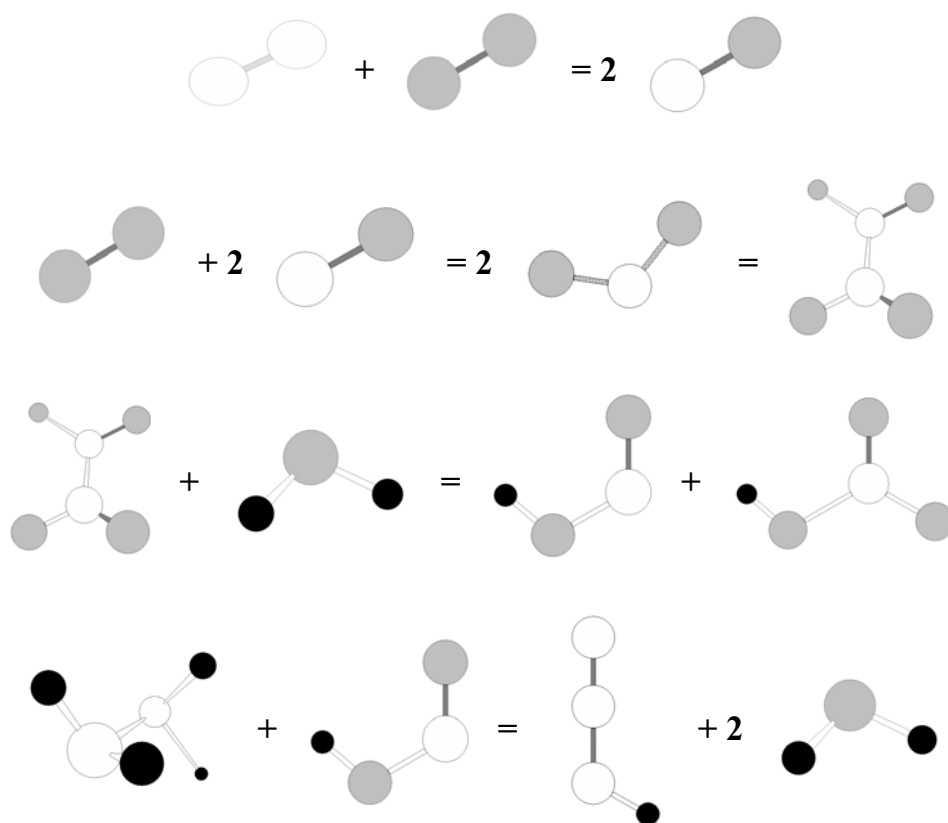
Ca: +2 ( $\text{CaCl}_2$ ); Te: -2 ( $\text{H}_2\text{Te}$ ), +4 ( $\text{TeO}_2$ ), +6 ( $\text{H}_6\text{TeO}_6$ );

Dy: +2 ( $\text{DyCl}_2$ ), +3 ( $\text{DyCl}_3$ ); As: -3 ( $\text{AsH}_3$ ), +3 ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ), +5 ( $\text{As}_2\text{O}_5$ ).

### Задача 7. Молекули

Нижче наведено рівняння реакцій, в яких молекули представлені у виді стрижнево-кулькових моделей, причому білі, сірі та чорні кульки зображають атоми трьох різних елементів.

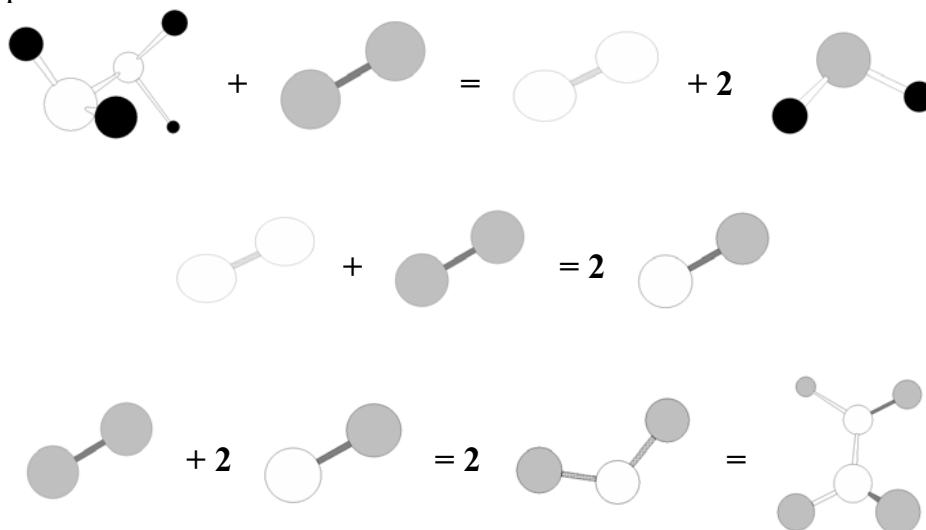


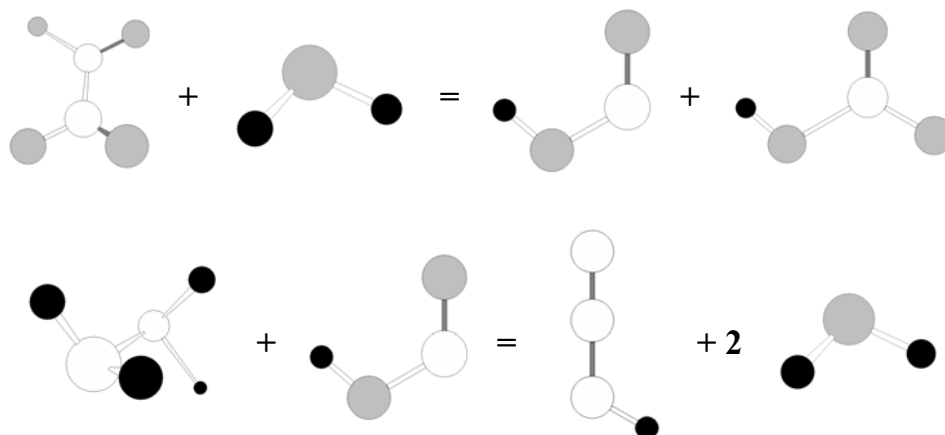


1. Які елементи-неметали зображають білі, сірі та чорні кільки?
2. Запишіть рівняння реакцій у звичному вигляді.

### Задача 7. Молекулы

Нижче приведені уравнення реакцій, в которых молекулы представлені в виде шаро-стержневих моделей, причём белые, серые и черные шарики атому изображают атомы трех разных элементов.

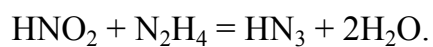
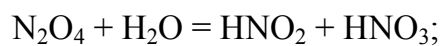
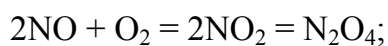
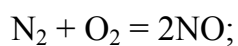
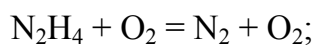




1. Какие элементы-неметаллы изображают белые, серые и черные шарики?
2. Напишите уравнения реакций в привычном виде.

### Розв'язок

1. Білий – N, чорний – H, сірий – O.
2. Рівняння реакцій:



## 9 клас

## I тур

**Задача 1. Гідриди перехідних металів.... I не тільки**

Перехідні метали досить часто утворюють гідриди нестехіометричного складу загальної формули  $MH_x$ . У таблиці наведено результати, одержані при спалюванні гідридів **A – Г**.

Гідрид	Маса гідриду, г	Витрачений об'єм кисню, мл (н.у)	Маса води, г
<b>A</b>	1.000	191.3	0.1084
<b>B</b>	0.252	182.0	0.1125
<b>B</b>	4.320	111.1	0.1785
<b>Г</b>	0.300	335.9	0.2702

1. Встановіть метали, які входили до гідридів **A – Г**, якщо відомо, що метал, який входить до складу гідриду **B**, часто використовують в електрохімії в якості одного з компонентів водневого електрода порівняння.

2. Визначте склад відповідних сполук.

3. Запишіть рівняння реакцій згоряння та синтезу сполук **A – Г**.

4. Вкажіть фактори, від яких залежить склад синтезованих гідридів.

*При розв'язанні задачі використовуйте значення атомних мас до другої значущої цифри.*

**Задача 1. Гидриды переходных металлов.... II не только**

Переходные металлы довольно часто образуют гидриды нестехиометрического состава общей формулы  $MH_x$ . В таблице приведены результаты, полученные при сжигании гидридов **A – Г**.

Гидрид	Масса гидрида, г	Израсходованный объем кислорода, мл (н.у)	Масса воды, г
<b>A</b>	1.000	191.3	0.1084
<b>B</b>	0.252	182.0	0.1125
<b>B</b>	4.320	111.1	0.1785
<b>Г</b>	0.300	335.9	0.2702

1. Установите металлы, которые входили в состав гидридов **A – Г**, если известно, что металл, входящий в состав гидрида **B**, часто используют в электрохимии в качестве одного из компонентов водородного электрода сравнения.

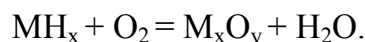


2. Определите состав соответствующих соединений.
3. Запишите уравнения реакций сгорания и синтеза соединений А – Г.
4. Укажите факторы, от которых зависит состав синтезированных гидридов.

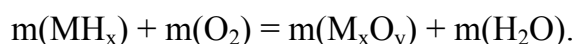
При решении задачи используйте значения атомных масс до второй значащей цифры.

### Розв'язок

1–3. Запишемо рівняння згорання гідридів у загальному вигляді:



За законом матеріального балансу маса речовин, що вступила у реакцію, дорівнює масі речовин, що утворились:



Виходячи з цього, можна розрахувати маси оксидів та маси металів, що входили до складу гідридів (у продуктах весь гідроген входить до складу води):

Гідрид	Маса гідриду, г	Об'єм кисню, мл (н.у.)	Маса води, г	Маса оксиду, г	Маса металу, г
<b>А</b>	1.000	191.3	0.1084	1.1649	0.9878
<b>Б</b>	0.252	182.0	0.1125	0.3995	0.2394
<b>В</b>	4.320	111.1	0.1784	4.3000	4.3000
<b>Г</b>	0.300	335.8	0.2702	0.5097	0.2697

За законом еквівалентних відношень  $\frac{m(\text{Me})}{m(\text{O})} = \frac{E(\text{Me})}{8}$ .

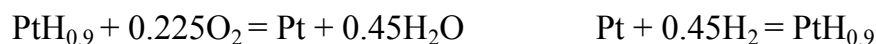
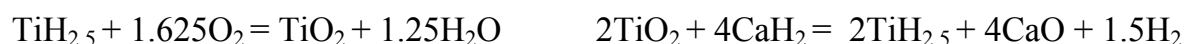
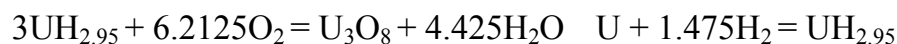
Для елемента, що входить до сполуки **А**, отримуємо значення еквівалента, що не відповідає жодному з металів. Тому цілком можливо, що утворився оксид типу  $M_3O_4$  чи  $M_3O_8$ . Умові відповідає уран **U**.

Другий метал – титан, **Ti**.

Третій метал не утворює оксиду при спалюванні. Судячи з області його застосування, це – платина, **Pt**.

Четвертим металом є алюміній, **Al**.

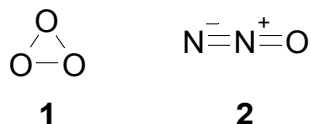
Відповідні гідриди мають формули: **А** –  $UH_{2,95}$ , **Б** –  $TiH_{2,5}$ , **В** –  $PtH_{0,9}$ , **Г** –  $AlH_3$ .



4. Склад отриманих гідридів сильно залежить від умов проведення синтезу: температури, використаного відновника, розчинника, тиску водню, розміру частинок металу, часу проведення синтезу, чистоти реактивів.

### Задача 2. Будова молекул

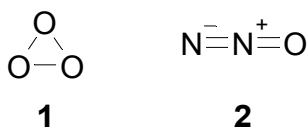
На сайті хімічного факультету Бристольського університету вже давно діє конкурс «молекула місяця». Наступні молекули були відзначені у березні 1998 (1) та червні 1999 року (2):



1. Які тривіальні назви мають сполуки **1** і **2**?
2. Будова **1** вказана помилково. Наведіть правильну електронну та геометричну будову **1**. В чому її відмінність від будови сполуки **2**?
3. Які ви знаєте методи добування в лабораторії сполук **1** і **2**?
4. Якою є роль сполук **1** і **2** у природі та діяльності людини?
5. Зобразіть будову іона  $\mathbf{B}^-$  – ізоелектронного аналога **1**.  
Існують частинки  $\mathbf{A}^-$  та  $\mathbf{B}^+$ , які є ізоелектронними аналогами **2**. Речовину **НА** вперше отримав Курціус у 1890 році, а сполуку  $\mathbf{B}^+ \mathbf{BF}_4^-$  – Ола у 1954 році.
6. Зобразіть структури йонів  $\mathbf{A}^-$  та  $\mathbf{B}^+$ .
7. Як Курціус і Ола добували вказані речовини, якщо перший виходив з нітритної, а другий з нітратної кислоти? Напишіть рівняння реакцій.
8. Яка ще сполука є ізоелектронною до **2**? Довідка: частинки  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CN}^-$  та  $\text{C}_2^{2-}$  є ізоелектронними.
9. Наведіть приклад структури, ізоелектронної до структурної формули, помилково наведеної для **1**.
10. У яких агрегатних станах за н.у. знаходяться такі сполуки:  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{KCN}$ ,  $\text{Fe}(\text{CO})_5$ ,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{CH}_3\text{CN}$ ,  $\text{H}_2\text{C}_2$ ,  $\text{Ag}_2\text{C}_2$ ?

### Задача 2. Строение молекул

На сайте химического факультета Бристольского университета уже давно действует конкурс «молекула месяца». Следующие молекулы были отмечены в марте 1998 (1) и июне 1999 года (2):



1. Какие тривиальные названия имеют соединения **1** и **2**?

2. Строение **1** указано ошибочно. Приведите правильное электронное и геометрическое строение **1**. В чём его отличие от строения вещества **2**?

3. Какие вы знаете методы получения в лаборатории соединений **1** и **2**?

4. Какова роль соединений **1** и **2** в природе и деятельности человека?

5. Изобразите строение иона  $\mathbf{B}^-$  – изоэлектронного аналога **1**.

Существуют частицы  $\mathbf{A}^-$  и  $\mathbf{B}^+$ , являющиеся изоэлектронными аналогами **2**. Вещество **НА** впервые получил Курциус в 1890 году, а соединение  $\mathbf{B}^+ \mathbf{BF}_4^-$  – Ола в 1954 году.

6. Изобразите структуру ионов  $\mathbf{A}^-$  и  $\mathbf{B}^+$ .

7. Как Курциус и Ола получали указанные вещества, если первый исходил из азотистой, а второй из азотной кислоты? Напишите уравнения реакций.

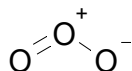
8. Какое ещё соединение изоэлектронно **2**? *Справка: частицы  $\mathbf{N}_2$ ,  $\mathbf{CO}$ ,  $\mathbf{CN}^-$  и  $\mathbf{C}_2^{2-}$  являются изоэлектронными.*

9. Приведите пример структуры, изоэлектронной структурной формуле, ошибочно приведённой для **1**.

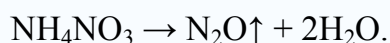
10. В каких агрегатных состояниях при н.у. находятся следующие соединения:  $\mathbf{N}_2$ ,  $\mathbf{CO}$ ,  $\mathbf{HCN}$ ,  $\mathbf{KCN}$ ,  $\mathbf{Fe(CO)_5}$ ,  $\mathbf{K_4[Fe(CN)_6]}$ ,  $\mathbf{CH_3CN}$ ,  $\mathbf{H_2C_2}$ ,  $\mathbf{Ag_2C_2}$ ?

### Розв'язок

**1** – озон, **2** – закис азоту („веселящий газ” – рос.). Справжня будова молекули озону така:

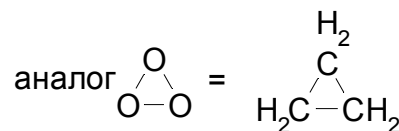
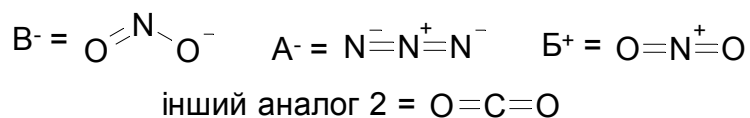


Молекула озону, як і молекула  $\mathbf{N_2O}$ , містить семіполярний зв'язок. Для  $\mathbf{N_2O}$  порядок обох зв'язків **2**, в  $\mathbf{O_3}$  порядки зв'язку, відповідно, **1** і **2**. Молекула  $\mathbf{N_2O}$  – лінійна. В лабораторії озон добувають в озонаторах при тихому електричному розряді;  $\mathbf{N_2O}$  добувають, зокрема, термічним розкладом нітрату амонію:

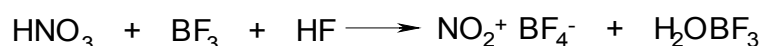


Озон – важлива складова атмосфери, т.з. озоновий шар поглинає значну частку космічного ультрафіолетового випромінення, тим самим захищаючи від нього живі організми. Також озон застосовують для дезинфекції води, харчових продуктів, медичних приміщень, для утилізації рідких викидів промисловості тощо.  $\mathbf{N_2O}$  використовують у медицині як загальний анестетик, у техніці як окисник. Невелика кількість цього газу в повітрі викликає у людей сміх.

Структура вказаних аналогів така:



Азидоводневу кислоту добув Курціус за реакцією нітритної кислоти з гідразиним, тетрафторборат нітронію отримано Олою розчиненням нітратної кислоти у суміші  $\text{BF}_3\text{-HF}$ :



$\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{C}_2$  – гази;  $\text{HCN}$ ,  $\text{Fe}(\text{CO})_5$ ,  $\text{CH}_3\text{CN}$  – рідини,  $\text{KCN}$ ,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{Ag}_2\text{C}_2$  – за нормальних умов тверді речовини.

### Задача 3. Суміш

Юний хімік Петрик отримав від свого керівника завдання виділити метал з суміші простої речовини і його бінарної сполуки. Він одержав для експерименту 1.99 г такої порошкоподібної суміші чорного кольору, але керівник забув йому сказати, який метал входить до складу суміші, бо дуже поспішав у довготривалі відрядження. Щоб не гаяти часу, Петрик розпочав роботу. Спочатку він обробив всю кількість суміші при нагріванні струменем широко вживаного в лабораторній практиці (наприклад, як носій у газовій хроматографії) горючого безбарвного газу **A**. Ефект був відсутній. Потім, після певних роздумів, він використав ще один отруйний безбарвний газ **B**. В цьому випадку маса суміші зменшилась на 0.85 г, а з газової фази після охолодження виділилось 2.47 г рідини **C**.

Залишок суміші Петрик всипав у підігрітий розчин хлоридної кислоти. З часом весь залишок розчинився, при цьому виділилось 282 мл (н.у.) безбарвного газу **D**.

1. Встановіть якісний та кількісний склад суміші.
2. Визначте зашифровані речовини **A** – **D**.
3. Напишіть рівняння реакцій, що відбувалися.
4. Вкажіть, яким чином можна виділити чистий метал із суміші.

**Задача 3. Смесь**

Юный химик Петрик получил от своего руководителя задание выделить металл из смеси простого вещества и его бинарного соединения. Он получил для эксперимента 1.99 г такой порошкообразной смеси черного цвета, но руководитель забыл сказать ему, какой металл входит в состав смеси, так как спешил в долговременную командировку. Чтобы не тратить времени, Петрик начал работу. Сначала он обработал все количество смеси потоком широко применяемого в лабораторной практике (например, в газовой хроматографии) горючего бесцветного газа **A**. Эффект отсутствовал. Потом, после некоторого раздумья, он использовал еще один ядовитый бесцветный газ **B**. В этом случае масса смеси уменьшилась на 0.85 г, а из газовой фазы после охлаждения выделилось 2.47 г жидкости **C**.

Остаток смеси Петрик всыпал в подогретый раствор соляной кислоты. Со временем весь остаток растворился, при этом выделилось 282 мл (н.у.) бесцветного газа **D**.

1. Установите качественный и количественный состав смеси.
2. Установите зашифрованные вещества **A – D**.
3. Напишите уравнения реакций, которые происходили.
4. Укажите, каким образом можно выделить чистый металл из смеси.

**Розв'язок**

1, 2. Припустивши, що бінарною сполукою, що входить до складу суміші, є оксид металу, Петрик використав як відновник водень (**A – H<sub>2</sub>**). Не помітивши ніяких змін, він замінив водень на CO. Взаємодія відбулась, але утворився не CO<sub>2</sub>, а рідина, причому з суттєвим збільшенням маси: лише 0.85 г перейшло з порошку в рідину масою 2.47 г. Розгляд ситуації за всіма ознаками приводить до висновку – при обробці порошку струменем CO утворюється карбонільний комплекс металу:  $Me + nCO \rightarrow Me(CO)_n$ . **B**  $\equiv$  CO.

Кількість CO дорівнює:  $(2.47 - 0.85)/28 = 0.0579$  (моль).

Тоді:  $Me/n = 0.85/0.0579 = 14.69$  (г/моль). Тобто **Me**  $\equiv$  Ni, **C**  $\equiv$  Ni(CO)<sub>4</sub>.

Тоді, очевидно, решта чорного порошку – нікелева сіль слабкої леткої кислоти.

Визначимо цю кислоту.

Максимальна кількість речовини солі:

$n(NiX) = (1.99 - 0.85)/58.7 = 0.0194$  (г/моль).

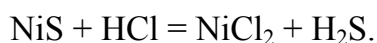
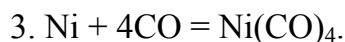
Кількість речовини невідомої кислоти:

$n(HX) = 0.282/22.4 = 0.0126$  (моль),

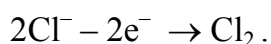
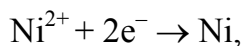
$M(NiX) = 1.14/0.0126 = 90$  (г/моль), **NiX**  $\equiv$  NiS. **D**  $\equiv$  H<sub>2</sub>S.

$$\omega(\text{Ni}) = 0.85/1.99 = 42.7 \%$$

$$\omega(\text{NiS}) = 57.3 \%$$



4. Для добування чистого металу потрібно термічно розкласти карбонільний комплекс  $\text{Ni}(\text{CO})_4 \xrightarrow{t^\circ} \text{Ni} + 4\text{CO}$ , а також електролізом з нерозчинним анодом виділити нікель з розчину  $\text{NiCl}_2$ :



#### Задача 4. Лише газы

Газы **A** та **B** забарвлюють вологий лакмусовий папірець в різні кольори. Вони здатні реагувати між собою, утворюючи тверду білу речовину **C**, яка при нагріванні ( $340^\circ\text{C}$ ) знову перетворюється на суміш цих газів. При окисненні газів **A** та **B** киснем утворюються прості газуваті за н.у. речовини **D** та **E** відповідно. Взаємодія кожного з газів **D** та **E** з простою газуватою речовиною **F** (раніше називалася „горючим повітрям”) призводить, відповідно, до утворення вихідних газів **A** та **B**. Якщо через водний розчин аргентум нітрату повільно пропускати газ **B**, спочатку утворюється чорний осад **G**, який зникає при подальшому пропусканні газу **B**. Якщо через водний розчин аргентум нітрату пропускати газ **A**, утворюється білий осад **H**, який зникає при пропусканні надлишку газу **B**.

1. Визначте речовини **A–H**.
2. Напишіть рівняння всіх згаданих реакцій, вкажіть умови їхнього перебігу.
3. В які кольори забарвлюється вологий лакмусовий папірець газами **A** та **B**?
4. Який з газів – **D** чи **E** – легше реагує з газом **F** і чому?

#### Задача 4. Только газы

Газы **A** и **B** окрашивают влажную лакмусовую бумажку в разные цвета. Они способны реагировать между собой, образуя твердое белое вещество **C**, которое при нагревании ( $340^\circ\text{C}$ ) опять превращается в смесь этих газов. При окислении газов **A** и **B** кислородом образуются простые газообразные при н.у. вещества **D** и **E** соответственно. Взаимодействие каждого из газов **D** и **E** с простым газообразным веществом **F** (ранее называлось «горючим воздухом») приводит, соответственно, к образованию исходных газов **A** и **B**. Если через водный раствор нитрата серебра медленно пропускать газ **B**, сначала образуется черный осадок **G**, который исчезает при дальнейшем пропусканні газа **B**. Если через водный раствор нитрата серебра

пропускать газ **A**, образуется белый осадок **H**, который исчезает при пропускании избытка газа **B**.

1. Определите вещества **A–H**.

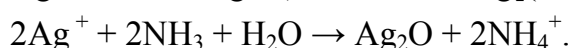
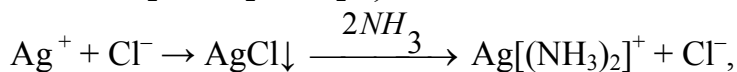
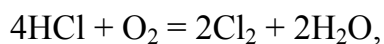
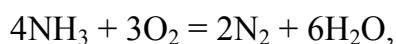
2. Напишите уравнения всех упомянутых реакций, укажите условия их проведения.

3. В какие цвета окрашивается влажная лакмусовая бумажка газами **A** и **B**?

4. Какой из газов – **D** или **E** – легче реагирует с газом **F** и почему?

#### Розв'язок

1. Оскільки гази **A** і **B** забарвлюють лакмусовий папірець у різні кольори, то один з них проявляє кислотні властивості, а інший – основні, **C** – іонна сполука. Тоді **C** – сіль амонію, а один з газів  $\text{NH}_3$ , іншим газом можуть бути  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCl}$  або  $\text{HF}$ .  $\text{H}_2\text{S}$  не підходить, оскільки при окисненні може утворюватись тверда речовина сірка або  $\text{SO}_2$  – складна речовина.  $\text{HF}$  також не підходить, бо реакцію  $\text{HF} + [\text{O}] \rightarrow \text{F}_2$  здійснити неможливо внаслідок високої реакційної здатності  $\text{F}_2$ . Отже, залишається  $\text{HCl}$ . Дослід з розчином  $\text{AgNO}_3$  дозволяє визначити, який з газів – **A** чи **B** – є саме  $\text{NH}_3$  та  $\text{HCl}$ , та ще раз підтвердити правильність наших роздумів, отже **A** –  $\text{HCl}$ , **B** –  $\text{NH}_3$ , **C** –  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , **D** –  $\text{Cl}_2$ , **E** –  $\text{N}_2$ , **F** –  $\text{H}_2$ , **G** –  $\text{Ag}_2\text{O}$ , **H** –  $\text{AgCl}$ .



3.  $\text{NH}_3$  – у синій,  $\text{HCl}$  – у червоний кольори.

4. Легше  $\text{H}_2$  реагує з  $\text{Cl}_2$ , оскільки в  $\text{N}_2$  є потрійний зв'язок  $\text{N}\equiv\text{N}$ , який важко розірвати, а в газі  $\text{Cl}-\text{Cl}$  – одинарний.

#### Задача 5. Сіль

При нагріванні 4.56 г солі **X**, що не є кристалогідратом, до  $1000^\circ\text{C}$  виділилася газова фаза та утворився твердий залишок, маса якого склала 52.63% початкової маси солі. Для повного розчинення твердого залишку необхідно 31.36 мл 10%-го розчину хлоридної кислоти (стехіометрична кількість, густина  $1.0475 \text{ г/см}^3$ ). Газова фаза, що виділилась при розкладі солі **X**, має густину за воднем 36. Її поглинули розчином гіпохлориту натрію і додали розчин гідроксиду барію. При цьому випало 6.99 г осаду, нерозчинного у концентрованій нітратній кислоті.

1. Визначте сіль **X**. Наведіть рівняння всіх реакцій, що згадуються в умові задачі.

2. Чи є стабільними водні розчини **X** за звичайних умов зберігання? Чому?

**Задача 5. Соль**

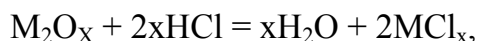
При нагріванні 4.56 г соли **X**, которая не является кристаллогидратом, до 1000°C выделилась газовая фаза и образовался твердый остаток, масса которого составила 52.63% начальной массы соли. Для полного растворения твёрдого остатка необходимо 31.36 мл 10%-го раствора соляной кислоты (стехиометрическое количество, плотность 1.0475 г/см<sup>3</sup>). Газовая фаза, которая выделилась при разложении соли **X**, имеет плотность по водороду 36. Ее поглотили раствором гипохлорита натрия и добавили раствор гидроксида бария. При этом выпало 6.99г осадка, нерастворимого в концентрированной азотной кислоте.

1. Определите соль **X**. Приведите уравнения всех реакций, которые упоминаются в условии задачи.

2. Стабильны ли водные растворы **X** при обычных условиях хранения? Почему?

**Розв'язок**

1. Твердый залишок, що розчиняється в кислоті, найімовірніше, є оксидом металу. У такому випадку встановимо його формулу:



$$n(HCl) = 31.36 \text{ мл} \times 1.0475 \text{ г/мл} : 36.5 \text{ г/моль} \times 0.1 = 0.09 \text{ моль},$$

$$n(O)_{\text{оксид}} = 0.045 \text{ моль} \rightarrow m(O)_{\text{оксид}} = 0.72 \text{ г},$$

$$M_{\text{екв}}(M) = (4.56 \times 0.5263 - 0.72) / 0.09 = 18.67 \text{ (г/моль)} \equiv \text{Fe(III)},$$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0.015 \text{ моль}.$$

Білий осад, що не розчиняється у концентрованій  $\text{HNO}_3$  – найімовірніше –  $\text{BaSO}_4$ . Перевіримо, чи буде відношення його кількості речовини до кількості речовини оксиду цілим числом:

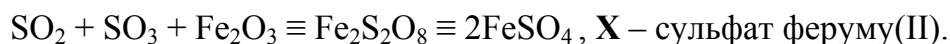
$$n(\text{BaSO}_4) = 6.99 : 233 = 0.03 \text{ моль},$$

$$0.03 \text{ моль} : 0.015 \text{ моль} = 2 : 1.$$

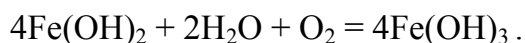
Середня молярна маса газової суміші – 72 г/моль. Віднявши  $A(S) = 32$  г/моль, отримаємо у залишку 40 г/моль, що є середнім значенням між 32 та 48, які, у свою чергу, можуть відповідати двом та трьом атомам кисню. Звідси бачимо, що газова суміш могла містити  $\text{SO}_2$  та  $\text{SO}_3$ , причому

$$n(\text{SO}_2) : n(\text{SO}_3) : n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0.015 : 0.015 : 0.015 = 1 : 1 : 1.$$

Знаходимо формулу **X**:



2. Водні розчини  $\text{FeSO}_4$  без додавання сильних кислот нестабільні. Навіть через декілька хвилин у розчинах починає утворюватися бурий осад  $\text{Fe(OH)}_3$ :





**Задача 6. Відсотки**

Про речовини (а – е), деякі з яких неможливо добути, відома така інформація:

а)  $\omega_N = 35\%$ ;  $\omega_H = 5\%$ ; третій елемент – найпоширеніший у земній корі;

б)  $\omega_O = 80\%$ ;  $\omega_H = 5\%$ , третій елемент утворює декілька простих речовин, одна з яких – фулерен;

в)  $\omega_I = 94.21\%$ ; другий елемент – лужний метал, солі якого забарвлюють полум'я в фіалковий колір;

г) бінарна речовина,  $\omega_S = 98.765\%$ ;

д)  $\omega_{Zn} = 43.62\%$ , другий елемент утворює газоподібну просту речовину, яка є основним компонентом повітря;

е)  $\omega_{Bi} = 72.82\%$ ;  $\omega_N = 4.88\%$ , третій елемент утворює просту речовину (газ), молекула якої має дипольний момент.

Напишіть молекулярні формули зашифрованих речовин. Які з цих речовин насправді існують і як їх можна добути?

**Задача 6. Проценты**

О веществах (а – е), некоторые из которых невозможно получить, известна такая информация:

а)  $\omega_N = 35\%$ ;  $\omega_H = 5\%$ ; третий элемент – самый распространенный в земной коре;

б)  $\omega_O = 80\%$ ;  $\omega_H = 5\%$ , третий элемент образует несколько простых веществ, одно из которых – фуллерен;

в)  $\omega_I = 94.21\%$ ; второй элемент – щелочной металл, соли которого окрашивают пламя в фиолетовый цвет;

г) бинарное вещество,  $\omega_S = 98.765\%$

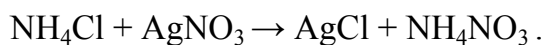
д)  $\omega_{Zn} = 43.62\%$ , второй элемент образует газообразное простое вещество, которое является основным компонентом воздуха.

е)  $\omega_{Bi} = 72.82\%$ ;  $\omega_N = 4.88\%$ , третий элемент образует простое вещество (газ), молекула которого имеет дипольный момент.

Напишите молекулярные формулы зашифрованных веществ. Какие из этих веществ на самом деле существуют и как их можно получить?

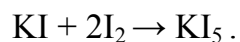
**Розв'язок**

а) третій елемент O;  $H_4N_2O_3 - NH_4NO_3$ ; існує:

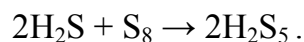


б) третій елемент C;  $H_4CO_4$ ; не існує.

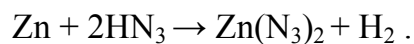
в) другий елемент K;  $KI_5 - K[I(I_2)_2]$ ; існує:



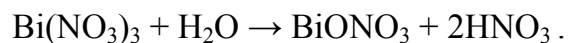
г) другий елемент Н (бо його  $\omega$  дуже мала);  $\text{H}_2\text{S}_5$ ; існує:



д) третій елемент N;  $\text{ZnN}_6 - \text{Zn}(\text{N}_3)_2$ ; існує:



е) єдина проста речовина з полярною молекулою –  $\text{O}_3$ ;  $\text{BiNO}_4 - \text{BiONO}_3$ , існує:



### Задача 7. Енергія зв'язку

Енергія зв'язку у гомонуклеарних двоатомних молекулах залежить від положення елементів у Періодичній системі.

Запишіть під формулами молекул відповідні енергії зв'язку.

	Група				
	13	14	15	16	17
	<b>B<sub>2</sub></b>	<b>C<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>O<sub>2</sub></b>	<b>F<sub>2</sub></b>
	<b>Al<sub>2</sub></b>	<b>Si<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	<b>S<sub>2</sub></b>	<b>Cl<sub>2</sub></b>
	<b>Ga<sub>2</sub></b>	<b>Ge<sub>2</sub></b>	<b>As<sub>2</sub></b>	<b>Se<sub>2</sub></b>	<b>Br<sub>2</sub></b>
	<b>In<sub>2</sub></b>	<b>Sn<sub>2</sub></b>	<b>Sb<sub>2</sub></b>	<b>Te<sub>2</sub></b>	<b>I<sub>2</sub></b>
	<b>Tl<sub>2</sub></b>	<b>Pb<sub>2</sub></b>	<b>Bi<sub>2</sub></b>	<b>Po<sub>2</sub></b>	<b>At<sub>2</sub></b>
Можливі енергії зв'язку, кДж/моль	60; 100; 110; 130; 300; 1000	1; 90; 190; 260; 330; 610	30; 200; 300; 380; 490; 950	190; 260; 330; 430; 500	80; 150; 160; 190; 240; 800

## Задача 7. Энергия связи

Энергия связи в гомонуклеарных двухатомных молекулах зависит от положения элементов в Периодической системе.

Запишите под формулами молекул соответствующие энергии связи.

	Группа				
	13	14	15	16	17
	<b>B<sub>2</sub></b>	<b>C<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>O<sub>2</sub></b>	<b>F<sub>2</sub></b>
	<b>Al<sub>2</sub></b>	<b>Si<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	<b>S<sub>2</sub></b>	<b>Cl<sub>2</sub></b>
	<b>Ga<sub>2</sub></b>	<b>Ge<sub>2</sub></b>	<b>As<sub>2</sub></b>	<b>Se<sub>2</sub></b>	<b>Br<sub>2</sub></b>
	<b>In<sub>2</sub></b>	<b>Sn<sub>2</sub></b>	<b>Sb<sub>2</sub></b>	<b>Te<sub>2</sub></b>	<b>I<sub>2</sub></b>
	<b>Tl<sub>2</sub></b>	<b>Pb<sub>2</sub></b>	<b>Bi<sub>2</sub></b>	<b>Po<sub>2</sub></b>	<b>At<sub>2</sub></b>
Возможные энергии связи, кДж/моль	60; 100; 110; 130; 300; 1000	1; 90; 190; 260; 330; 610	30; 200; 300; 380; 490; 950	190; 260; 330; 430; 500	80; 150; 160; 190; 240; 800

## Розв'язок

Группа				
13	14	15	16	17
B <sub>2</sub> 300	C <sub>2</sub> 610	N <sub>2</sub> 950	O <sub>2</sub> 500	F <sub>2</sub> 160
Al <sub>2</sub> 130	Si <sub>2</sub> 330	P <sub>2</sub> 490	S <sub>2</sub> 430	Cl <sub>2</sub> 240
Ga <sub>2</sub> 110	Ge <sub>2</sub> 260	As <sub>2</sub> 380	Se <sub>2</sub> 330	Br <sub>2</sub> 190
In <sub>2</sub> 100	Sn <sub>2</sub> 190	Sb <sub>2</sub> 300	Te <sub>2</sub> 260	I <sub>2</sub> 150
Tl <sub>2</sub> 60	Pb <sub>2</sub> 90	Bi <sub>2</sub> 200	Po <sub>2</sub> 190	At <sub>2</sub> 90

**9 клас**  
**II тур**

**Задача 1. Неорганічний хлорофіл**

Бінарну неорганічну сполуку **X** дуже часто називають “неорганічним хлорофілом”. Ця речовина містить 58.97% елементу **A**. При реакції 1 г простої речовини, утвореної елементом **A**, з газом **B** утворюються 1.65 г твердого залишку, що в якості одного з продуктів містить **X**.

1. Розшифруйте формулу **X**, якщо газ **B** – проста речовина.
2. Визначте валентності та ступені окиснення елементів у сполуці **X**.
3. Де використовують речовину **X**? Чому вона набула назву “неорганічний хлорофіл”?
4. Як **X** реагує з такими сполуками: CO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ?
5. Розрахуйте масовий склад утвореного твердого залишку.

**Задача 1. Неорганический хлорофилл**

Бинарное неорганическое соединение **X** очень часто называют «неорганическим хлорофиллом». Это вещество содержит 58.97% элемента **A**. При реакции 1 г простого вещества, образованного элементом **A**, с газом **B** образуется 1.65 г твердого остатка, который в качестве одного из продуктов содержит **X**.

1. Расшифруйте формулу **X**, если газ **B** – простое вещество.
2. Определите валентности и степени окисления элементов в соединении **X**.
3. Где используют вещество **X**? Почему оно приобрело название «неорганический хлорофилл»?
4. Как **X** реагирует с такими соединениями: CO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ?
5. Рассчитайте массовый состав образовавшегося твердого остатка.

**Розв’язок**

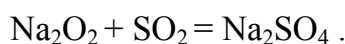
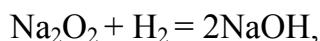
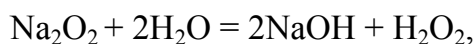
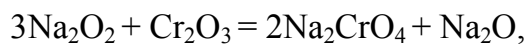
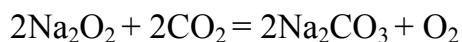
1. Назва сполуки **X** – «неорганічний хлорофіл» – наводить на думку про те, що в ній міститься кисень, причому активний (який може легко генерувати кисень). Нехай формула цієї бінарної сполуки A<sub>x</sub>O<sub>y</sub>.

$$\frac{x A}{16 y} = \frac{58.97}{41.03}, \text{ тому } A = \frac{23 y}{x}, \text{ при рівному співвідношенні } A \text{ – натрій, сполука } X \text{ –}$$

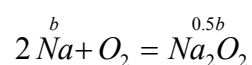
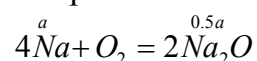
пероксид натрію, газ **B** – кисень.

2. Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Na: валентність 1, ступінь окиснення +1. O: валентність 2, ступінь окиснення -1.

3. Пероксид натрію використовують, наприклад, у підводних човнах для регенерації кисню:



5. При спалюванні натрію на повітрі утворюється суміш оксиду та пероксиду:



$$23a + 23b = 1$$

$$31a + 39b = 1.65, \quad a = 5.71 \cdot 10^{-3} \text{ моль}, \quad b = 0.0378 \text{ моль}. \quad \omega(\text{Na}_2\text{O}) = \frac{31 \cdot 5.71 \cdot 10^{-3}}{1.65} = 0.1073,$$

або 10.73%.

### Задача 2. Веселі гази

Газова суміш за н.у. складається з газу-веселуна («веселящий газ» – рос.), «лисячого хвоста», сірчистого газу та невідомого газу. Об'ємні частки останніх двох газів складають по 20%. Густина газової суміші за гелієм дорівнює 10.7.

1. Напишіть формули усіх газів, якщо невідомий газ не реагує з розчином хлоридної кислоти.

2. Визначте об'ємні частки перших двох газів.

3. Зобразіть просторову будову молекул всіх газів, вкажіть тип гібридизації центрального атому.

### Задача 2. Веселые газы

Газовая смесь состоит при н.у. из веселящего газа, «лисьего хвоста», сернистого газа и неизвестного газа. Объемные доли последних двух газов составляют по 20%. Плотность газовой смеси по гелию равна 10.7.

1. Напишите формулы всех газов, если неизвестный газ не реагирует с раствором соляной кислоты.

2. Определите объемные доли первых двух газов.

3. Изобразите пространственное строение молекул всех газов, укажите тип гибридизации центрального атома.

## Розв'язок

1.  $N_2O$  – «газ-веселун»,  $NO_2$  – «лисячий хвіст»,  $SO_2$  – сірчистий газ.

2.  $M_{\text{сум.}} = 4 \cdot D_{\text{He}} = 4 \cdot 10.7 = 42.8$  г/моль

Запишемо формулу для знаходження середньої молекулярної маси газової суміші:

$$M_{\text{сум.}} = \varphi_{N_2O} \cdot M_{N_2O} + \varphi_{NO_2} \cdot M_{NO_2} + \varphi_{SO_2} \cdot M_{SO_2} + \varphi_X \cdot M_X$$

$$42.8 = \varphi_{N_2O} \cdot 44 + \varphi_{NO_2} \cdot 46 + 0.2 \cdot 64 + 0.2M_X$$

$$\begin{cases} 30 = \varphi_{N_2O} \cdot 44 + \varphi_{NO_2} \cdot 46 + 0.2 \cdot M_X \\ \varphi_{N_2O} + \varphi_{NO_2} = 0.6 \end{cases}$$

Маємо систему двох рівнянь з трьома невідомими величинами.

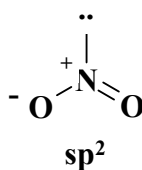
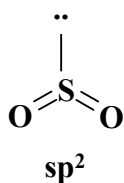
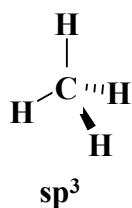
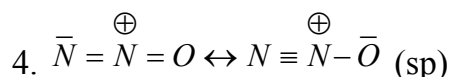
Візьмемо до уваги, що середня молярна маса суміші газів  $N_2O$  та  $NO_2$  може бути в межах 44 – 46 г/моль. Перевіримо обидва варіанти, в одному випадку підставляючи 44, а в іншому 46:

$$1) \quad 30 = 0.6 \cdot 44 + 0.2M_X \rightarrow M_X = 18 \text{ г/моль}$$

$$2) \quad 30 = 0.6 \cdot 46 + 0.2M_X \rightarrow M_X = 12 \text{ г/моль}$$

Отже, газ X має молекулярну масу в межах 12-18 г/моль. Це може бути лише  $CH_4$  або  $NH_3$ , за умовою другий варіант не підходить, отже газ –  $CH_4$ .

$$3. \begin{cases} 30 = \varphi_{N_2O} \cdot 44 + \varphi_{NO_2} \cdot 46 + 0.2M_X \\ \varphi_{N_2O} + \varphi_{NO_2} = 0.6 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \varphi_{N_2O} = 0.4(40\%) \\ \varphi_{NO_2} = 0.2(20\%) \end{cases}$$



## Задача 3. Амальгама

Амальгами широко використовуються у теперішній час. Особливе місце серед них посідають амальгами певного металу X. Юний Хімік отримав для дослідження три зразки такої амальгами різного складу. В своєму зошиті він склав таблицю, де відмітив об'єм газу, що виділяється при взаємодії 2.00 г кожної амальгами з водою. При проведенні третього експерименту стався вибух, і дані зошиту були частково втрачені (але третій дослід все ж таки вдалось занотувати!!!). Ось що залишилось:

№ амальгами	Температура, К	Тиск, атм	Об'єм, мл
1	275	1.02	192.4
2	279		402.2
3	311	1.34	755

Відомо, що після вибуху фахівці МНС все ж змогли виділити всю ртуть у кількості 3 г з лабораторії Юного Хіміка. Окрім того, відомо, що маса газу у другому досліді у 2 рази перевищує масу газу у першому досліді.

1. Що таке амальгами? Де їх застосовують?
2. Який метал  $X$  входив до складу цих амальгам? Відповідь підтвердити розрахунками. В який колір було забарвлене полум'я під час вибуху?
3. Чому відбувся вибух у третьому досліді? Як можна було цього уникнути?
4. Точно розрахуйте втрачені параметри у зошиті Юного Хіміка.

### Задача 3. Амальгама

Амальгами широко використовуються в наше час. Особливе місце серед них займають амальгами деякого металу  $X$ . Юний Хімік отримав для дослідження три зразки такої амальгами різного складу. В своїй тетраді він склав таблицю, де позначив об'єм газу, який виділяється при взаємодії 2.00 г кожної амальгами з водою. При проведенні третього експерименту стався вибух, і дані тетраді були частково втрачені (але третій спроба все ж вдалося записати!!!). Ось що залишилося:

№ амальгами	Температура, К	Тиск, атм	Об'єм, мл
1	275	1.02	192.4
2	279		402.2
3	311	1.34	755

Відомо, що після вибуху фахівці МНС все ж змогли виділити всю ртуть в кількості 3 г з лабораторії Юного Хіміка. Крім того, було відомо, що маса газу во другому спробі в 2 рази перевищує масу газу в першому спробі.

1. Що таке амальгами? Де їх застосовують?
2. Яким металом  $X$  входив до складу цих амальгам? Відповідь підтвердити розрахунками. В який колір було забарвлене полум'я во время вибуху?
3. Чому стався вибух в третьому спробі? Як можна було цього уникнути?
4. Точно розрахуйте втрачені параметри в тетраді ЮХ.

**Розв'язок**

1. Амальгами – це сплави металів з ртуттю, досить широко застосовуються в органічному синтезі, для добування металів методом електролізу тощо.

2. Сумарна маса амальгами, що вводилася до експерименту, складала 6 г. Маса ртуті, що залишилася, дорівнює 3 г, тому металу сумарно прореагувало теж 3 г. Газ, що виділявся – водень. Розрахуємо приблизну кількість водню, що виділився за трьома реакціями. У першій реакції отримано  $8.7 \cdot 10^{-3}$  моль, у другій – 0.0174 моль. У третій реакції не визначено точно температуру, тому кількість водню коливатиметься від 0.0398 до 0.0385 моль. Молярна маса еквівалента невідомого металу коливатиметься від 23.22 до 22.8 г/моль. Отже, метал – *натрій*. Полум'я забарвилось у жовтий колір.

3. Під час реакції спостерігалися високі температура і тиск, що спричинило вибух водню та підпалювання амальгами натрію (точніше, активного компонента амальгами – натрію). Щоб уникнути вибуху, треба було брати більший об'єм рідини, до якої додавали амальгаму, перемішувати суміш, а в якості рідини брати менш сильну кислоту, ніж вода (наприклад, метанол або суміш етанолу з водою тощо).

4. Тиск у другому випадку складає 0.99 атм, а температура третього досліджу 314 К.

**Задача 4. SF<sub>6</sub>**

У 1900 році Анрі Муассан вперше добув гексафлуорид сульфуру. Ця газувата речовина відрізняється своєю виключною хімічною інертністю і тому використовується у якості ізолятора на високовольтних підстанціях, при роботі з розтопленими високоактивними металами в якості інертної атмосфери тощо. За свої унікальні цінні властивості молекула SF<sub>6</sub> була названа молекулою травня 2008.

1. За які досягнення Анрі Муассан отримав у 1906 році Нобелівську премію з хімії?

2. Поясніть стабільність молекули SF<sub>6</sub>, зокрема, до дії води.

3. Які домішки містить SF<sub>6</sub> після отримання з простих речовин? Назвіть п'ять основних речовин та запропонуйте прості шляхи їх відділення.

4. У 2000 році у стратосфері, а також у антарктичному снігу у мізерних концентраціях була знайдена речовина, яка містить 77.52% флуору і ще два елементи. Вважають, що вона утворюється з SF<sub>6</sub>, проте ще незрозуміло, як. Знайдіть формулу вказаної сполуки та вкажіть можливу геометричну будову її молекули.



**Задача 4. SF<sub>6</sub>**

В 1900 году Анри Муассан впервые получил гексафторид серы. Это газообразное вещество отличается своей исключительной химической инертностью и потому используется в качестве изолятора на высоковольтных подстанциях, при работе с расплавленными высокоактивными металлами в качестве инертной атмосферы и т.д. За свои уникальные ценные свойства молекула SF<sub>6</sub> была названа молекулой мая 2008.

1. За какие достижения Анри Муассан получил в 1906 году Нобелевскую премию по химии?
2. Объясните стабильность молекулы SF<sub>6</sub>, в частности, к действию воды.
3. Какие примеси содержит SF<sub>6</sub> после получения из простых веществ? Назовите пять основных веществ и предложите простые пути их отделения.
4. В 2000 году в стратосфере, а также в антарктическом снеге в мизерных концентрациях было найдено вещество, содержащее 77.52% фтора и ещё два элемента. Считается, что оно получается из SF<sub>6</sub>, но еще непонятно, как. Найдите формулу указанного соединения и укажите возможное геометрическое строение его молекулы.

**Розв'язок**

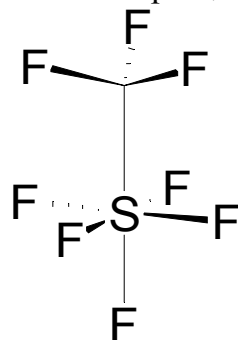
1. Анрі Муассан отримав Нобелівську премію за „великий обсяг виконаних досліджень, добування елемента фтору та введення в лабораторну і промислову практику електричної печі, названої його ім'ям”.

2. Реакція утворення ( $S_8 + 24F_2 = 8SF_6$ ) дуже екзотермічна. Стабільність молекули SF<sub>6</sub> зумовлена кінетичним фактором: високий енергетичний бар'єр реакції з водою зумовлено, по-перше, великою енергією зв'язку S-F, а, по-друге, насиченістю простору навколо атома сульфуру. Останній чинник робить атаку центрального атому практично неможливою: реагенту не протиснутись крізь оболонку з атомів фтору.

3. F<sub>2</sub>, SF<sub>4</sub>, S<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>F<sub>10</sub>. Перші чотири з вказаних домішок суміші відділяють розпиленням у ній КОН, отриманий SF<sub>6</sub> з домішкою S<sub>2</sub>F<sub>10</sub> витримують при 400°C, при цьому відбувається диспропорціонування S<sub>2</sub>F<sub>10</sub>:  $S_2F_{10} = SF_6 + SF_4$ , причому останній відділяють знову розпиленням КОН.

4. На один атом фтору має припадати  $19 \cdot 22.48 / 77.52 = 5.51$  інших елементів. Якщо молекула містить хоч один атом сульфуру, то в ній має бути не менше, ніж  $32 / 5.51 = 5.8$ , тобто не менше шести атомів фтору. Значить, в залежності від кількості атомів фтору маса залишку становитиме приблизно: F<sub>6</sub> => 1.1; F<sub>7</sub> => 6.6; F<sub>8</sub> => 12.1... 3 можливих варіантів лише вказані виглядають вірогідними. Їм

відповідають формули  $\text{HSF}_6$ ,  $\text{LiSF}_7$  та  $\text{CSF}_8$ . Перший не підходить за валентностями, другий не відповідає газовому стану речовини та, через неможливість геометричного існування частинки  $\text{SF}_7$ , останній варіант відповідає структурі  $\text{F}_3\text{C-SF}_5$ . Геометрично це можна уявити як поєднання тетраедру з центральним атомом карбону та тетрагональної біпіраміди з центральним атомом сульфуру; зв'язок відбувається за аксіальним положенням біпіраміди, оскільки при цьому відштовхування найменше:



### Задача 5. Бернар Куртуа

У 1811 році французький хімік Бернар Куртуа проводив досліди з отримання удосконалених цинкових білил. За легендою, одного ранку він, як звичайно, снідав за робочим столом у своїй лабораторії, а улюблений кіт сидів у нього на плечах. На столі стояли пробірки з сульфатною кислотою, сульфатом феруму (II) та з попелом, отриманим спалюванням морських водоростей. Раптом кіт стрибнув прямо на стіл і перевернув весь лабораторний посуд, який впав на нагріту сонцем підлогу, розбився, а вміст пробірок змішався. Хімічна реакція вийшла такою бурхливою, що кімната заповнилась випаровуваннями. Коли вони осіли, всі предмети були покриті кристалічним нальотом, який майже не розчинявся у воді, але розчинявся у спирті з утворенням рідини червоно-фіолетового кольору з характерним запахом. Так Бернар Куртуа у співавторстві зі своїм котом вперше у світі в лабораторних умовах отримав речовину **X** та прославив своє ім'я.

При обробці **X** озоном утворюється сіль **B** ( $\omega(\text{O}) = 22.09\%$ ) жовтуватого кольору, що розпливається на повітрі. При обробці безводного спиртового розчину **X** розчином  $\text{AgNO}_3$  випадає осад солі **C** та утворюється розчин солі **D**, причому **D** швидко розкладається з утворенням **X** та солі **E**. Розчинність **X** у воді трохи збільшується зі збільшенням температури:  $S(0^\circ\text{C}) = 0.3 \text{ г/л}$ ;  $S(100^\circ\text{C}) = 3.3 \text{ г/л}$ .

1. Які правила техніки безпеки порушив Бернар Куртуа?
2. Наведіть формулу звичайних цинкових білил.

3. Яку речовину (**X**) отримав хімік, якщо в морських водоростях міститься деяка сіль **A** ( $\omega(\text{O}) = 24.24\%$ ,  $\omega(\text{Na}) = 11.62\%$ ), що не розкладається при їхньому спалюванні?

4. Припустивши, що залежність розчинності **X** від температури – функція лінійна, знайдіть розчинність **X**: а) при  $22^\circ\text{C}$ ; б) при  $40^\circ\text{C}$ . Наведіть реакції, які відбуваються під час розчинення **X** у воді.

5. Розшифруйте всі речовини та напишіть рівняння згаданих реакцій.

### Задача 5. Бернар Куртуа

В 1811 году французский химик Бернар Куртуа проводил опыты по получению усовершенствованных цинковых белил. Согласно легенде, однажды утром он, как обычно, завтракал за рабочим столом в своей лаборатории, а любимый кот сидел у него на плечах. На столе стояли пробирки с серной кислотой, сульфатом железа (II) и золой, полученной сжиганием морских водорослей. Неожиданно кот прыгнул прямо на стол и перевернул всю лабораторную посуду, которая упала на нагретый солнцем пол, разбилась, а содержимое пробирок смешалось. Химическая реакция получилась столь бурной, что комната наполнилась испарениями. Когда они осели, все предметы были покрыты кристаллическим налетом, который практически не растворялся в воде, но растворялся в спирте с образованием жидкости красно-фиолетового цвета и с характерным запахом. Так Бернар Куртуа в соавторстве со своим котом впервые в мире в лабораторных условиях получил вещество **X** и прославил свое имя.

При обработке **X** озоном образуется соль **B** ( $\omega(\text{O}) = 22.09\%$ ) желтоватого цвета, которая расплывается на воздухе. При обработке безводного спиртового раствора **X** раствором  $\text{AgNO}_3$  выпадает осадок соли **C** и образуется раствор соли **D**, причем **D** быстро разлагается с образованием **X** и соли **E**. Растворимость **X** в воде немного увеличивается с увеличением температуры:  $S(0^\circ\text{C}) = 0.3 \text{ г/л}$ ;  $S(100^\circ\text{C}) = 3.3 \text{ г/л}$ .

1. Какие правила техники безопасности нарушил Бернар Куртуа?

2. Приведите формулу обычных цинковых белил.

3. Какое вещество (**X**) получил химик, если в морских водорослях содержится некоторая соль **A** ( $\omega(\text{O}) = 24.24\%$ ,  $\omega(\text{Na}) = 11.62\%$ ), не разлагающаяся при сжигании?

4. Предположив, что зависимость растворимости **X** от температуры – линейная функция, найдите растворимость **X**: а) при  $22^\circ\text{C}$ ; б) при  $40^\circ\text{C}$ . Приведите реакции, которые протекают при растворении **X** в воде.

5. Расшифруйте все вещества и напишите уравнения упомянутых реакций.

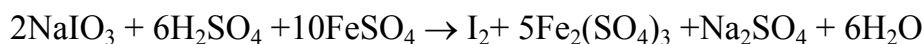
## Розв'язок

1. У лабораторії заборонено їсти та тримати тварин.

2. ZnO.

3. Розшифруємо сіль А. Її загальна формула  $(\text{NaO}_3)_n\text{Z}$ , Z – невідомий елемент.

$Z \equiv \text{I}$ ,  $\text{A} \equiv \text{NaIO}_3$ ,  $\text{X} \equiv \text{I}_2$ .



4. Для 22°C:

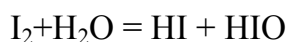
$$3.3 - 0.3 \equiv 100 - 0$$

$$3.3 - S_{22} \equiv 100 - 22, \text{ звідки } S_{22} = 0.96 \text{ (г/л)}.$$

Для 40°C:

$$3.3 - 0.3 \equiv 100 - 0$$

$$3.3 - S_{40} \equiv 100 - 40, \text{ звідки } S_{40} = 1.50 \text{ (г/л)}.$$



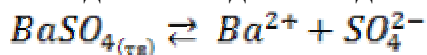
5.  $\text{I}_2 + \text{O}_3 \rightarrow \text{I}_4\text{O}_9 \equiv \text{I}(\text{IO}_3)_3$ , йодат йоду – В.

$\text{I}_2 + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgI} + \text{INO}_3$ , AgI – С,  $\text{INO}_3$  – D.

$3\text{INO}_3 \rightarrow \text{I}_2 + \text{I}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{I}(\text{NO}_3)_3$  – E.

## Задача 6. Рівноваги

Між двома осадами й одним і тим же розчином встановилась рівновага



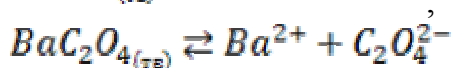
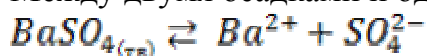
у присутності достатньо розведених оцтової та щавлевої кислот



Як зміняться після додаткового внесення в розчин невеликої кількості ацетату натрію й наступного зміщення рівноваги: а) рН розчину; б) концентрації недисоційованих молекул кислот в розчині; в) концентрації сульфат- та оксалат-іонів в розчині; г) маси осадів?

## Задача 6. Равновесия

Между двумя осадками и одним и тем же раствором установилось равновесие



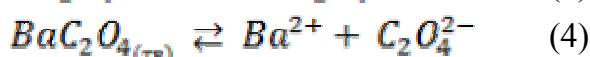
в присутствии достаточно разбавленных уксусной и щавелевой кислот



Как изменятся после дополнительного внесения в раствор небольшого количества ацетата натрия и последующего смещения равновесия: а) рН раствора; б) концентрации недиссоциированных молекул в растворе; в) концентрации сульфат- и оксалат-ионов в растворе; г) массы осадков?

### Розв'язок

Рівноважні процеси логічно представити в тому порядку, в якому відбувається зміщення рівноваг:



Іони  $\text{H}^+$  приймають участь в рівновагах процесів (1), (2) та (3), оксалат-іони приймають участь в рівновагах процесів (3) та (4), а катіони  $\text{Ba}^{2+}$  – у рівновагах (4) та (5).

Після збільшення концентрації ацетат-іонів у розчині за рахунок розчинення сильного електроліту – ацетату натрію – у відповідності з принципом Ле-Шательє відбувається зміщення рівноваг у вказаних процесах.

Рівновага (1) зміщується ліворуч, при цьому  $[\text{H}^+]$  зменшиться, рН збільшиться, а  $[\text{CH}_3\text{COOH}]$  також збільшиться.

Зменшення  $[\text{H}^+]$  призводить до зміщення рівноваг (2) та (3) праворуч, при цьому  $[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]$  зменшиться, а  $[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$  збільшиться.

Збільшення концентрації  $[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$  призведе до зміщення ліворуч рівноваги (4), при цьому  $[\text{Ba}^{2+}]$  зменшиться, а маса осаду  $\text{BaC}_2\text{O}_4$  збільшиться.

Зменшення концентрації  $\text{Ba}^{2+}$  призведе до зміщення праворуч рівноваги (5), при цьому маса осаду  $\text{BaSO}_4$  зменшиться, а  $[\text{SO}_4^{2-}]$  збільшиться.

## 10 клас

## I тур

**Задача 1. Загадковий вуглеводень**

Вуглеводень  $X$  не приєднує бром у розчині в  $CCl_4$ , проте його бромовання під дією світла приводить до утворення єдиної можливої монобромпохідної (масова частка бромів 50,96%). Дані, отримані при гідролізі бромпохідної у водному розчині лугу, наведено у таблиці:

Час, хв.	0	20	40	60	80	150	180	$\infty$
pH	12,090	12,084	12,078	12,073	12,068	12,054	12,049	12,009

1. Встановіть структурну формулу  $X$  та його монобромпохідної, якщо відомо, що у спектрі ПМР  $X$  міститься лише один синглетний сигнал з  $\delta = 1,78$  м.д. Яку історичну назву має вуглеводень  $X$ ?

2. Визначте порядок та розрахуйте константу швидкості реакції гідролізу бромпохідної.

3. Запропонуйте та обґрунтуйте механізм реакції гідролізу, який узгоджується з наведеними в умові даними.

**Задача 1. Загадочный углеводород**

Углеводород  $X$  не присоединяет бром в растворе  $CCl_4$ , однако его бромирование на свету приводит к образованию единственно возможного монобромпроизводного (массовая доля брома 50,96%). Результаты, полученные при гидролизе бромпроизводного в водном растворе щелочи, приведены в таблице:

Время, мин.	0	20	40	60	80	150	180	$\infty$
pH	12,090	12,084	12,078	12,073	12,068	12,054	12,049	12,009

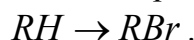
1. Установите структурную формулу  $X$  и его монобромпроизводного, если известно, что в спектре ПМР  $X$  имеется только один синглетный сигнал с  $\delta=1,78$  м.д. Приведите историческое название  $X$ .

2. Определите порядок и рассчитайте константу скорости реакции гидролиза бромпроизводного.

3. Предложите и обоснуйте механизм реакции гидролиза, который согласуется с данными, приведенными в условии.

## Розв'язок

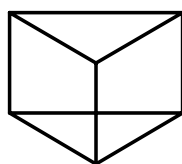
1. При бромованні утворилось єдина монобромпохідна, тому схема реакції:



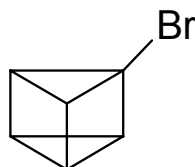
Молярна маса радикалу, що входить до складу вуглеводню

$$M(R) = (80/0,5096 - 80) = 77 \text{ (г/моль)},$$

що відповідає залишку  $C_6H_5$ . Але феніл, як радикал, не відповідає умові задачі (бромбензол не гідролізується у таких м'яких умовах). Єдиний можливий та правильний варіант – бензол Ладенбурга:



Цей вуглеводень бромуються з утворенням єдиного ізомеру, оскільки всі позиції в ньому ідентичні:



2.

Час, хв	0	20	40	60	80	150	180	$\infty$
pH	12,090	12,084	12,078	12,073	12,068	12,054	12,049	12,009
$c(H^+) \cdot 10^{13}$ , М	8,13	8,24	8,36	8,45	8,55	8,83	8,93	9,79
$c(OH^-)$ , М	0,0123	0,0121	0,0120	0,0118	0,0117	0,0113	0,0112	0,0102

Зміна концентрації луку під час реакції  $0,0123 - 0,0102 = 2,1 \cdot 10^{-3}$  (моль/л), тобто вихідна концентрація бромпохідної складала  $2,1 \cdot 10^{-3}$  М. В довільний час  $t$

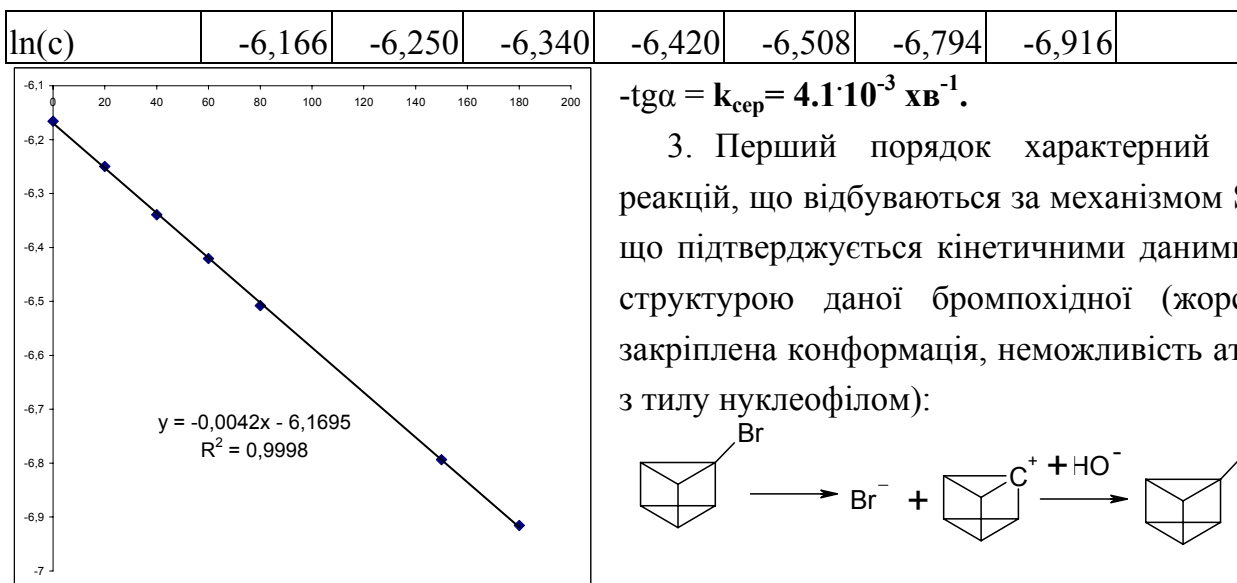
$$c(RBr)_t = 2,1 \cdot 10^{-3} - (c(OH^-)_0 - c(OH^-)_t):$$

$c(RBr)$ , М	0,0021	0,00193	0,00176	0,00162	0,00149	0,00112	0,00099	0
		1	5	8	2	1	2	

Якщо реакція має перший порядок,

$$\frac{dc}{dt} = kc \Rightarrow \int_{c_0}^c \frac{dc}{c} = k \int_0^t dt \Rightarrow \ln \frac{c_0}{c_t} = kt \Rightarrow \ln c_t = \ln c_0 - kt,$$

залежність  $\ln c_t$  від  $t$  є лінійною, а тангенс кута нахилу відповідає константі швидкості.



### Задача 2. Етюд в бурих тонах

Лаборант отримав декілька закритих банок з невідомою рідиною (розчин речовини **A**). Він налив трохи цієї рідини у пробірки і виявив, що вона не забарвлює розчин фенолфталеїну і спричиняє почервоніння розчину лакмусу. Також лаборант помітив, що з часом рідина стає бурою. Він налив з банки у пробірку невелику кількість цієї рідини і додав до неї розчин сильної кислоти **B**. Почалося бурхливе виділення бурого газу **B**. Отриманий розчин він випарував до одержання безбарвних кристалів речовини **Г**, яка при обережному нагріванні до  $\sim 200^\circ\text{C}$  розкладається на оксиди **Д** (масова частка кисню 88,89%) та **Е** (масова частка кисню 23,95%). При нагріванні речовини **Е** до  $\sim 300^\circ\text{C}$  вона розкладається з виділенням забарвлених парів простої речовини **Ж**.

1. Розшифруйте речовини **A–Ж**, якщо відомо, що газ **B** при сильному охолодженні знебарвлюється. Поясніть наявність забарвлення у **B** та його знебарвлення при охолодженні.

2. В який колір забарвлена пара речовини **Ж**? Де використовується ця речовина?

3. Напишіть рівняння всіх реакцій, згаданих в умові. Чому рідина, залишена в пробірці, стала бурою?

4. Як добути сполуку **A**?



**Задача 2. Этюд в бурых тонах**

Лаборант получил несколько закрытых банок с неизвестной жидкостью (раствор вещества **А**). Он налил немного этой жидкости в пробирки и обнаружил, что она не окрашивает раствор фенолфталеина и вызывает покраснение раствора лакмуса. Также лаборант заметил, что со временем жидкость буреет. Он налил из банки в пробирку немного этой жидкости и добавил к ней раствор сильной кислоты **Б**. Началось бурное выделение бурого газа **В**. Полученный раствор он выпарил до получения бесцветных кристаллов вещества **Г**, которое при осторожном нагревании до  $\sim 200^\circ\text{C}$  разлагаются на оксиды **Д** (массовая доля кислорода 88,89%) и **Е** (массовая доля кислорода 23,95%). При нагревании вещества **Е** до  $\sim 300^\circ\text{C}$  оно разлагается с выделением окрашенных паров простого вещества **Ж**.

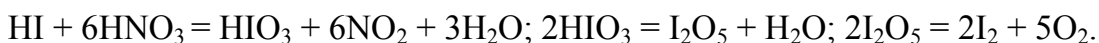
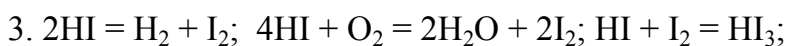
1. Расшифруйте вещества **А–Ж**, если известно, что газ **В** при сильном охлаждении обесцвечивается. Объясните наличие окраски у **В** и его обесцвечивание при охлаждении.
2. В какой цвет окрашены пары вещества **Ж**? Где используется это вещество?
3. Напишите уравнения всех реакций, упомянутых в условии. Почему жидкость, оставленная в пробирке, стала бурой?
4. Как получить соединение **А**?

**Розв'язок**

1. За масовою часткою кисногену знаходимо, що **Д** –  $\text{H}_2\text{O}$ . Визначимо оксид **Е** ( $\text{X}_2\text{O}_y$ ).  $M_{\text{екв}}(\text{X}) = 25,4$  г/моль, звідки  $\text{X} = \text{I}$ , **Е** –  $\text{I}_2\text{O}_5$ . Очевидно, що **Г** –  $\text{HI}\text{O}_3$ , **Ж** –  $\text{I}_2$ , **А** –  $\text{HI}$ , **Б** –  $\text{HNO}_3$ , **В** –  $\text{NO}_2$ .

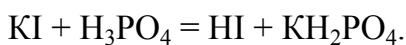
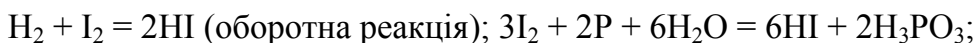
При сильному охолодженні проходить реакція:  $2\text{NO}_2 = \text{N}_2\text{O}_4$ . Мономер забарвлений, а димер – ні.

2. Пара йоду забарвлена у фіолетовий колір. Йод використовується в медицині, промисловості (наприклад, для очищення деяких металів), органічному синтезі тощо.



Відбувається утворення вільного йоду, який з надлишком йодоводневої кислоти дає сполуку  $\text{HI}_3$ , розчин якої забарвлений у бурій колір.

4.  $\text{HI}$  можна добути за такими реакціями:



**Задача 3. Стабільність**

Знаючи енергії зв'язків, можна оцінити, яка форма молекули є більш енергетично вигідною для простої речовини, утвореної даним елементом.

В таблиці наведено енергії зв'язків для елементів 15-ї групи.

Енергія зв'язку ( $D$ ), кДж/моль				Можливі форми молекул елементів 15-ї групи	
Елемент	E-E	E=E	E≡E		
N	159	310	945		
P	200	270	490		
As	167	240	400		
Sb	135	210	305		

1. Виходячи з наведених даних, обґрунтуйте, молекули якої форми утворюють елементи, наведені в таблиці. При розрахунках знехтуйте ентропійною складовою.

2. За отриманими результатами поясніть, чому азот має температуру кипіння, що сильно відрізняє його від інших трьох молекул.

3. Як змінюється валентний кут H–E–H в ряду молекул NH<sub>3</sub>, PH<sub>3</sub>, AsH<sub>3</sub>, SbH<sub>3</sub>?

4. Наведіть рівняння реакцій цих простих речовин з хлором. Яка з них реагує найлегше?

**Задача 3. Устойчивость**

Зная энергии связей, можно оценить, какая форма молекулы более выгодна с энергетической точки зрения для простого вещества, образованного данным элементом.

В таблице приведены энергии связей для элементов 15-й группы.

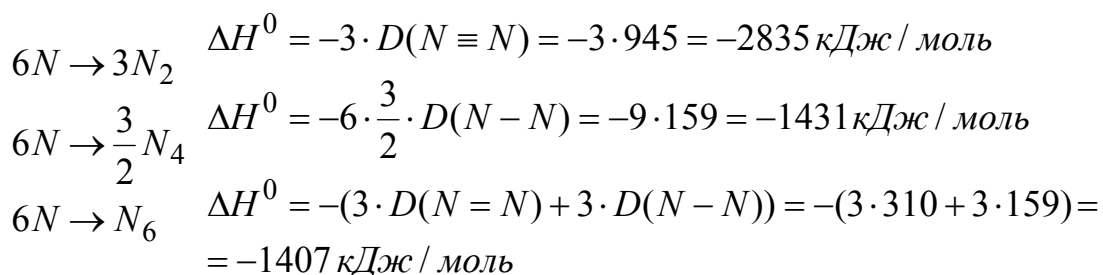
Энергия связи ( $D$ ), кДж/моль				Возможные формы молекул элементов 15-й группы	
Элемент	E-E	E=E	E≡E		
N	159	310	945		
P	200	270	490		
As	167	240	400		
Sb	135	210	305		

1. Исходя из приведенных данных, обоснуйте, молекулы какой формы образуют приведенные в таблице элементы. При расчетах не учитывайте энтропийную составляющую.

2. Основываясь на полученных результатах, поясните, почему азот имеет температуру кипения, которая резко отличает его от прочих трех молекул.
3. Как изменяется валентный угол Н–Е–Н в ряду молекул NH<sub>3</sub>, PH<sub>3</sub>, AsH<sub>3</sub>, SbH<sub>3</sub>?
4. Приведите уравнения реакций этих простых веществ с хлором. Какое из них реагирует легче всего?

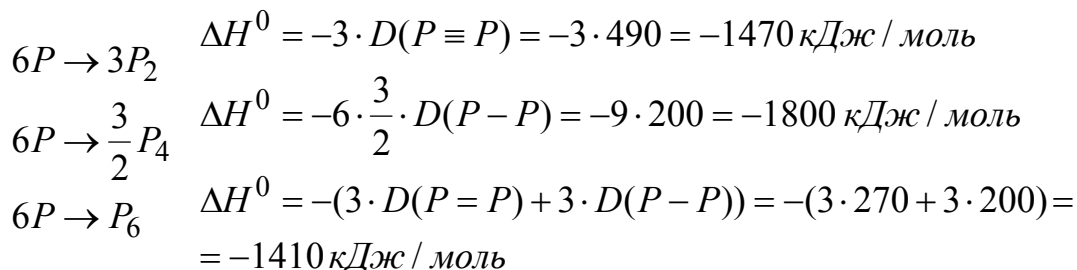
### Розв'язок

1. Розглянемо утворення молекул N<sub>2</sub>, N<sub>4</sub>, N<sub>6</sub> з атомів нітрогену. Для того щоб розрахунки мали фізичний зміст, необхідно, щоб кількість вихідних атомів була рівною:



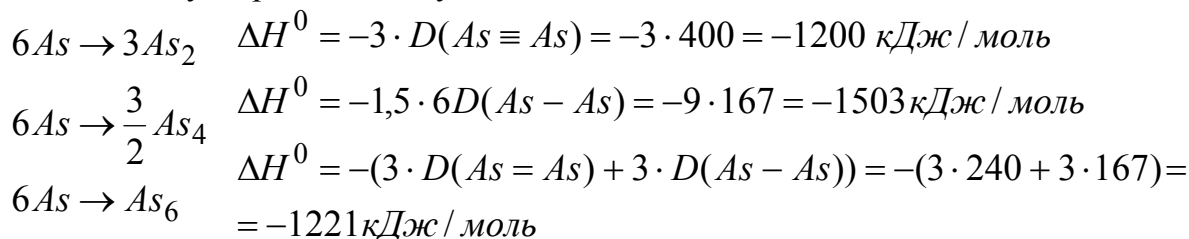
Молекула N<sub>2</sub> є набагато стабільнішою за N<sub>4</sub> та N<sub>6</sub>.

Розглянемо утворення молекул P<sub>2</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>6</sub>:



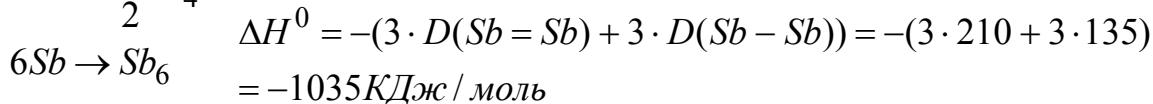
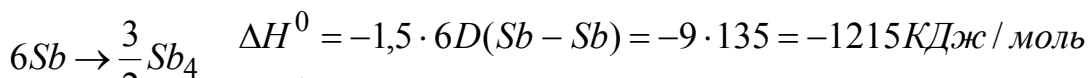
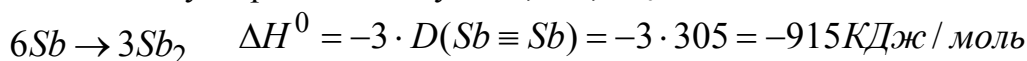
Молекула P<sub>4</sub> є стабільнішою за P<sub>2</sub> та P<sub>6</sub>.

Розглянемо утворення молекул As<sub>2</sub>, As<sub>4</sub>, As<sub>6</sub>:



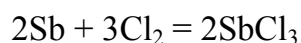
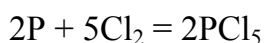
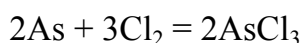
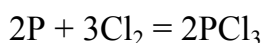
Молекула As<sub>4</sub> є стабільнішою за As<sub>2</sub> та As<sub>6</sub>.

Розглянемо утворення молекул  $Sb_2$ ,  $Sb_4$ ,  $Sb_6$ :



Молекула  $Sb_4$  є стабільнішою за  $Sb_2$  та  $Sb_6$ .

2. Нітроген, на відміну від інших елементів, утворює двохатомні молекули.
3. В ряду  $NH_3$ ,  $PH_3$ ,  $AsH_3$ ,  $SbH_3$  валентний кут Н-Е-Н зменшується.
4. Азот не реагує з хлором.



З цих елементів стибій є найбільш металічним, отже, він найлегше взаємодіє з хлором.

#### Задача 4. Всі на Марс!

Клімат на Марсі дуже сильно відрізняється від земного. Температура сильно залежить від географічної широти місцевості: на екваторі вона може становити  $+30^\circ\text{C}$ , а на полюсі знижується до  $-140^\circ\text{C}$ , внаслідок чого спостерігається утворення полярних «шапок», що складаються з твердого оксиду карбону (IV). Атмосферний тиск біля поверхні Марсу становить приблизно 0.8 кПа. У таблиці наведено середній склад атмосфери Марсу.

Компонент	Об'ємна частка, %
$CO_2$	95.3
$N_2$	2.7
Ar	1.6
Інші гази	0.4

Уявіть, що ви заповнили герметичну сталеву капсулу марсіанською атмосферою на екваторі планети при температурі  $+30^\circ\text{C}$  й атмосферному тиску 0.8 кПа і відправили капсулу на полюс, де температура якраз досягла  $-140^\circ\text{C}$ .

1. Як зміняться тиск та склад газової суміші у капсулі після встановлення рівноваги? Яка частка оксиду карбону (IV) замерзне?

Тиск пари над твердим оксидом карбону (IV) при  $-140^\circ\text{C}$  складає 25 Па. Вважайте, що інші гази марсіанської атмосфери при цій температурі не замерзають.

**Задача 4. Все на Марс!**

Климат на Марсе очень сильно отличается от земного. Температура сильно зависит от географической широты местности: на экваторе она может быть  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а на полюсе падает до  $-140\text{ }^{\circ}\text{C}$ , вследствие чего происходит образования полярных «шапок» из твердого оксида углерода (IV). Атмосферное давление около поверхности Марса составляет примерно 0.8 кПа. В таблице приведен средний состав марсианской атмосферы.

Компонент	Объемная доля, %
CO <sub>2</sub>	95.3
N <sub>2</sub>	2.7
Ar	1.6
Другие газы	0.4

Представьте, что вы заполнили герметическую стальную капсулу марсианской атмосферой на экваторе планеты при температуре  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$  и атмосферном давлении 0.8 кПа и отправили капсулу на полюс, где температура как раз достигла  $-140\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

1. Как изменятся давление и состав газовой смеси в капсуле после установления равновесия? Какая доля оксида углерода (IV) замерзнет?

Давление пара над твердым оксидом углерода (IV) при  $-140\text{ }^{\circ}\text{C}$  равно 25 Па. Считайте, что другие газы марсианской атмосферы при этой температуре не замерзают.

**Розв'язок**

Очевидно, що сталева капсула не може змінювати свій об'єм. Проте застосовувати закон Шарля (один із наслідків закону Клайперона-Менделєєва,  $p/T = \text{const}$  при сталому об'ємі) до всієї системи не можна, оскільки при  $-140\text{ }^{\circ}\text{C}$  (133 К) більша частина вуглекислого газу замерзне. Фактично, закон Шарля можна застосувати до парціальних тисків усіх газів, крім вуглекислого. Отже,

$$p(\text{N}_2)_{303} = 800 \cdot 0.027 = 21.8 \text{ Па},$$

$$p(\text{Ar})_{303} = 800 \cdot 0.016 = 12.8 \text{ Па},$$

$$p(\text{Ін.г.})_{303} = 800 \cdot 0.004 = 1.2 \text{ Па},$$

$$p(\text{CO}_2)_{303} = 800 \cdot 0.953 = 762 \text{ Па},$$

$$p(\text{N}_2)_{133} = 21.8 \cdot 133/303 = 9.6 \text{ Па},$$

$$p(\text{Ar})_{133} = 12.8 \cdot 133/303 = 5.6 \text{ Па},$$

$$p(\text{Ін.г.})_{133} = 1.2 \cdot 133 / 303 = 0.5 \text{ Па,}$$

$$p(\text{CO}_2)_{133} = 25 \text{ Па.}$$

Тиск складатиме

$$p_{133} = 25 + 9.6 + 5.6 + 0.5 = 41 \text{ Па,}$$

$$\omega(\text{CO}_2) = 25 / 41 \cdot 100\% = 61\%$$

$$\omega(\text{N}_2) = 9.6 / 41 \cdot 100\% = 23\%$$

$$\omega(\text{Ar}) = 5.6 / 41 \cdot 100\% = 14\%$$

$$\omega(\text{Ін.г.}) = 0.5 / 41 \cdot 100\% = 1\%$$

Нехай об'єм капсули  $x$ . Тоді

$$v(\text{CO}_2)_{303} = 762 \cdot x / (8.314 \cdot 303),$$

$$v(\text{CO}_2)_{133} = 25 \cdot x / (8.314 \cdot 133),$$

$$v(\text{CO}_2)_{133} / v(\text{CO}_2)_{303} = 25 \cdot 303 / (762 \cdot 133) = 0.07,$$

Отже, в газовій фазі залишиться 7% від початкової кількості оксиду карбону (IV), а замерзне 93%.

### Задача 5. Кольорові розчини

При пропусканні газу **C**, 1 г якого при температурі 20°C і тиску 1 атм займає об'єм 707,3 мл, у розчин безбарвної солі **A** (мольне співвідношення реагентів 2:1) утворюється жовтий розчин сполуки **A<sub>1</sub>**. Якщо співвідношення газу та солі буде 3:1, то утворюється розчин сполуки **A<sub>2</sub>** оранжевого кольору, а при співвідношенні 4:1 утворюється розчин сполуки **A<sub>3</sub>** червоного кольору. При цьому в кожному з розчинів знаходилася лише одна сіль. При додаванні до розчину, який містить 0,78 г солі **A<sub>3</sub>**, 20 мл 0,20 М розчину хлоридної кислоти, виділився газ **C** та утворилося 0,56 г темно-коричневого осаду сполуки **B** (масова частка металу **X** 65,71%). В розчині залишається тільки сіль, яка забарвлює полум'я в фіолетовий колір. При нагріванні осаду **B** на повітрі утворюється речовина **E** та газ **F**, а якщо **B** прожарювати без доступу кисню, то утворюються бінарна сполука **G** (масова частка **X** 74,19%) та проста речовина **Y**.

1. Визначте речовини, зашифровані в умові задачі, якщо відомо, що а) до складу газів **C** і **F** входить елемент, що утворює просту речовину **Y**, б) масові частки цього елемента в **C** і **F** дорівнюють 94,12% та 50% відповідно, в) сполуки **B** та **G** мають однаковий якісний склад.

2. Запишіть рівняння реакцій, згаданих в умові задачі.
3. Яку будову має аніон солі **A<sub>3</sub>**? Наведіть гібридизацію **X** в цьому аніоні.
4. Запишіть рівняння реакції, за якою **X** отримують в промисловості.

**Задача 5. Цветные растворы**

При пропускании газа **C**, 1,00 г которого при температуре 20°C и давлении 1 атм занимает объем 707,3 мл, в раствор бесцветной соли **A** (молярное соотношение реагентов 2:1) происходит образование желтого раствора соединения **A<sub>1</sub>**. Если соотношение газа и соли будет 3:1, то образуется раствор соединения **A<sub>2</sub>** оранжевого цвета, а при соотношении 4:1 – раствор соединения **A<sub>3</sub>** красного цвета. При этом в каждом случае в растворе находилась только одна соль. В раствор, содержащий 0,78 г соли **A<sub>3</sub>**, добавили 20 мл 0,20 М раствора соляной кислоты. При этом выделился газ **C** и образовалось 0,56 г темно-коричневого осадка вещества **B** (массовая доля металла **X** 65,71%). При этом в растворе остается только соль, которая окрашивает пламя в фиолетовый цвет. При нагревании осадка **B** на воздухе образуется вещество **E** и газ **F**. Если нагревать вещество **B** без доступа кислорода, то образуются бинарное соединение **G** (массовая доля **X** 74,19%) и простое вещество **Y**.

1. Определите зашифрованные вещества если известно, что а) в состав газов **C** и **F** входит элемент, образующий простое вещество **Y**, б) массовые доли этого элемента в **C** и **F** равны 94,12% и 50%, соответственно, и в) соединения **B** и **G** имеют одинаковый качественный состав.

2. Запишите уравнения реакций, упомянутых в условии.

3. Какое строение имеет анион соли **A<sub>3</sub>**? Приведите гибридизацию **X** в этом ионе.

4. Запишите уравнение реакции получения **X** в промышленности.

**Розв'язок**

1. Знайдемо молярну масу **C**:

$$V_0 = (273 \cdot 707,3) / 293 = 659 \text{ (мл)},$$

$$M = (m \cdot V_m) / V_0 = (1 \cdot 22,4) / 659 = 34 \text{ (г/моль)},$$

$$A_r(Y) = 34 \cdot 0,9412 = 32,$$

газ **C** – **H<sub>2</sub>S**, **Y** – **S**. Тоді  $M(F) = 32 / 0,5 = 64$  (г/моль), **F** – **SO<sub>2</sub>**. Речовини **B** і **G** – сульфіді, оскільки при розкладі **B** виділяється сірка. Тоді

$$\omega(S) = 100 - 65,71 = 34,29\%,$$

$$M_{\text{екв}} = 16 / 0,3429 - 16 = 30,67 \text{ (у B)},$$

$$\omega(S) = 100 - 74,19 = 25,81\%,$$

$$M_{\text{екв}} = 16 / 0,2581 - 16 = 46 \text{ (у G)},$$

$$30,67 x = 46 y,$$

звідки  $x = 1,5y$ ; при  $y = 2$ ,  $x = 3$ , а  $M(X) = 184$  г/моль. Тоді **X** – вольфрам **W**. Відповідно, **B** – **WS<sub>3</sub>** і **G** – **WS<sub>2</sub>**.

Далі розрахуємо кількість речовини хлоридної кислоти  $n_{\text{HCl}} = 0,02 \cdot 0,2 = 0,004$  (моль), та  $\text{WS}_3$ :  $n = m/M = 0,56/280 = 0,002$  (моль). Можна припустити, що  $\text{A}_3$  і  $\text{HCl}$  реагували у співвідношенні 1:2, і  $n(\text{A}_3) = 0,002$  моль, тоді  $M = 0,78/0,002 = 390$  (г/моль). Знаючи, що до складу солі входять вольфрам і сірка, отримуємо:

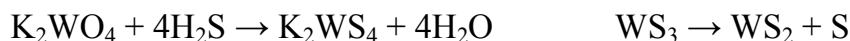
$$184 + 32x + y = 390.$$

З того, що в фільтраті знаходилася сіль калію (фіолетовий колір полум'я) можна зробити висновок, що третій елемент – калій, тоді:

$$184 + 32x + 39y = 390$$

Перебираючи можливі варіанти, доходимо висновку, що  $\text{A}_3$  –  $\text{K}_2\text{WS}_4$ . Вихідна сіль  $\text{A}$  –  $\text{K}_2\text{WO}_4$ , солі  $\text{A}_1$  і  $\text{A}_2$  відповідно  $\text{K}_2\text{WO}_2\text{S}_2$  і  $\text{K}_2\text{WOS}_3$ ,  $\text{E}$  –  $\text{WO}_3$ .

2.



3. Аніон  $\text{WS}_4^{2-}$  має форму тетраедра, гібридизація  $\text{W } sp^3$ .

4. Наприклад,  $\text{WO}_3 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{W} + 3\text{H}_2\text{O}$  або  $\text{WF}_6 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{W} + 6\text{HF}$ .

### Задача 6. Їжа

Юний фізико-хімік Микола прочитав на торговій етикетці одного з продуктів харчування, який купив у сусідньому супермаркеті, інформацію про терміни його зберігання:  $5^\circ\text{C}$  – 60 діб;  $20^\circ\text{C}$  – 15 діб;  $35^\circ\text{C}$  – 6 діб. Замислившись, він провів деякі розрахунки і виявив помилку, а потім вказав на неї виробнику. Впевнившись у вірності зауваження школяра, фірма-виробник змінила напис на етикетці.

1. Виявіть у напису на етикетці помилку, обґрунтуйте відповідь розрахунками, якщо відомо, що із зростанням температури на  $10^\circ\text{C}$  швидкість реакції збільшується у 2–4 рази.

2. Вкажіть, які саме виправлення слід внести в текст етикетки.

3. Вкажіть хімічні процеси, що призводять до псування продуктів харчування.

### Задача 6. Пицца

Юный физико-химик Коля прочитал на торговой этикетке одного из продуктов питания, который купил в соседнем супермаркете, информацию о его сроках хранения:  $5^\circ\text{C}$  – 60 суток;  $20^\circ\text{C}$  – 15 суток;  $35^\circ\text{C}$  – 6 суток. Задумавшись, он провел кое-какие расчеты и нашел ошибку, а потом указал на нее производителю. Удостоверившись в правильности замечания школьника, фирма-производитель изменила надпись на этикетке.



1. Определите в надписи на этикетке ошибку, обоснуйте ответ расчетами, если известно, что с повышением температуры на 10°C скорость реакции увеличивается в 2-4 раза.
2. Укажите, какие именно исправления нужно внести в текст этикетки.
3. Укажите химические процессы, которые приводят к порче продуктов питания.

### Розв'язок

1. Спочатку знайдемо температурний коефіцієнт хімічної реакції, що руйнує продукт (окиснення, деструкція та ін.).

$$\gamma = \frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = \frac{1/\tau_2}{1/\tau_1};$$

$$\gamma(5^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = \frac{1/15}{1/60} = 4;$$

$$\gamma(20^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C}) = \frac{1/6}{1/15} = 2.5.$$

Як видно, величини  $\gamma$  суттєво різняться між собою, і це вказує на наявність помилкового значення  $\tau$  серед трьох наведених на етикетці.

Ідентифікацію помилки зробимо за величиною  $\gamma$ .

Оскільки за умовою задачі  $\Delta t^0 = 15^\circ\text{C}$ , а прийнятим для оцінки температурної залежності швидкості реакції є інтервал  $\Delta t^0 = 10^\circ\text{C}$ , проведемо відповідний перерахунок за коефіцієнтом  $15/10 = 1.5 = 3/2$ :

$$\gamma_{15} = \gamma_{10}^{3/2},$$

$$\gamma_{10}(5^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 4^{2/3} = 2.52,$$

$$\gamma_{10}(20^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C}) = 2.5^{2/3} = 1.83.$$

Типові значення  $\gamma_{10}$  знаходяться в межах 2-3 і тому невірним можна вважати вказаний для 35°C термін зберігання. Знайдемо його вірне значення, використавши в інтервалі 20°C÷35°C величину  $\gamma_{15} = 4$ .

$$2. \tau_{35} = \tau_{20}/4 = 15/4 = 3.75.$$

Таким чином, термін зберігання продукту при 35°C не повинен перевищувати 3 діб, що і потрібно вказати на етикетці.

Але можливо також змінити на етикетці температуру, за якої термін зберігання складає 6 діб:

$$V_{35}/V_{20} = 2.5 = 4^{(t-20^\circ\text{C})/15}, \text{ звідки } t^0 = 30^\circ\text{C}.$$

3. Псування продуктів відбувається внаслідок окиснення киснем повітря, взаємодії з упаковочним матеріалом та розмноження шкідливих мікроорганізмів.

## 10 клас

## II тур

## Задача 1. Реальгар

У своїх численних працях Аристотель часто згадував назву деякого мінералу *реальгару*. Чудові та детальні описи перетворень та властивостей даної речовини знайшов Пліній, та порівняв їх з власними дослідженнями мінералу *аурипігменту*. Виявилось, що при нагріванні на повітрі 1,000 г цієї речовини утворюється біла сполука **X** масою 0,804 г. Така ж маса **X** утворюється при спалюванні 0,870 г *реальгару*.

Для аналізу речовини **X**, добутої з обох мінералів, Пліній відібрав наважку **X** масою 0,500 г, перетер її з надлишком сухого вугілля і дуже сильно нагрів утворену суміш. При цьому маса твердого залишку зменшилася на 0,212 г, а у Плінія цілий день боліла голова. Як виявилось, в осаді, окрім вугілля, знаходився ще й невідомий сірий порошок **Y**. Пізніше встановили, що ці два мінерали можна добути стопленням простих речовин **Y** та **Z** у певному масовому співвідношенні. Проте реальні молекулярні формули сполук на той час встановити не змогли.

У таблиці наведено значення зниження температури топлення бензолу для деяких розчинів:

Речовина	Масова частка, %	$\Delta T$ , °C
<b>Z</b>	1,17	0,2395
<b>Y</b>	0,34	0,0590
<i>аурипігмент</i>	0,22	0,0230
<i>реальгар</i>	0,17	0,0205

Кріоскопічна константа для бензолу становить  $5,18 \text{ K} \cdot \text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}$ .

1. Встановіть склад **X**, **Y** та **Z**, *реальгару* та *аурипігменту*.
2. Запишіть рівняння реакцій, згаданих в умові.
3. Яку молекулярну будову мають *аурипігмент*, *реальгар*, **Y** та **Z**, якщо молекули *реальгару* мають лише площину симетрії, а симетрія молекули *аурипігменту*  $C_1$ ?
4. Чому у Плінія боліла голова?

## Задача 1. Реальгар

В своих многочисленных трудах Аристотель часто упоминал название некоторого минерала *реальгара*. Прекрасные и детальные описания превращений и свойств этого соединения обнаружил Плиний, который сравнил их с собственными исследованиями минерала *аурипигмента*. Выяснилось, что при нагревании на воздухе

1,000 г цього вещества образуется белое соединение **X** массой 0,804 г. Эта же масса **X** образуется при сжигании 0,870 г *реальгара*.

Для анализа вещества **X**, полученного из обоих минералов, Плиний отобрал навеску **X** массой 0,500 г, перетер ее с избытком сухого угля и очень сильно нагрел полученную смесь. При этом масса твердого остатка уменьшилась на 0,212 г, а у Плиния весь день болела голова. Как оказалось, в остатке, кроме угля, находился еще и неизвестный серый порошок **Y**. Позже было установлено, что эти два минерала могут быть получены при сплавлении в определенных массовых соотношениях простых веществ **Y** и **Z**. Однако, настоящие молекулярные формулы минералов в то время установить не смогли.

В таблице приведены значения понижения температуры плавления бензола для ряда растворов:

Вещество	Массовая доля, %	$\Delta T$ , °C
<b>Z</b>	1,17	0,2395
<b>Y</b>	0,34	0,0590
<i>аурипигмент</i>	0,22	0,0230
<i>реальгар</i>	0,17	0,0205

Криоскопическая постоянная бензола составляет  $5,18 \text{ К} \cdot \text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}$ .

1. Установите состав **X**, **Y** и **Z**, *реальгара* и *аурипигмента*.
2. Запишите уравнения химических реакций, упомянутых в условии.
3. Какое молекулярное строение *аурипигмента*, *реальгара*, **Y** и **Z**, если молекула *реальгара* имеет только плоскость симметрии, а симметрия молекулы *аурипигмента*  $C_1$ ?
4. Почему у Плиния болела голова?

### Розв'язок

1. При спалюванні мінералів, скоріше за все, утворився, деякий оксид. При його відновленні вугіллям можна добути просту речовину, молярна маса еквіваленту якої

$$E(\text{Y}) = 14 \cdot 0,5 / 0,212 - 8 = 25,02 \text{ (г/моль)},$$

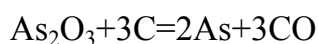
звідки **Y** – це арсен **As**, а оксид **X** – **As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**.

Відповідно до криоскопічних даних сполука **Z** – сірка **S<sub>8</sub>**.

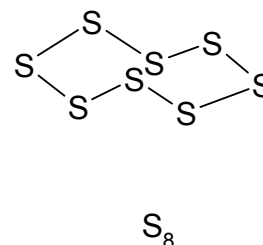
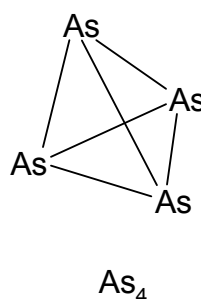
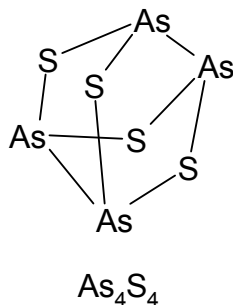
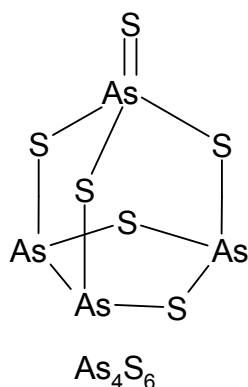
Мінерали реальгар та аурипигмент – сульфіді, найпростіші формули яких, відповідно до умови, **AsS** (*реальгар*) та **As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>** (*аурипигмент*). Відповідно до даних криоскопії:

Речовина	Масова частка, %	$\Delta T$ , °C	M, г/моль	Формула
Z	1,17	0,2395	256	S <sub>8</sub>
Y	0,34	0,0590	299,6	As <sub>4</sub>
ауринігмент	0,22	0,0230	497	As <sub>4</sub> S <sub>6</sub>
реальгар	0,17	0,0205	430	As <sub>4</sub> S <sub>4</sub>

2.



3.



4. У Плінія боліла голова внаслідок отруєння сполуками арсену.

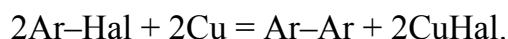
### Задача 2. Хлорування за Фріделем-Крафтсом

При хлоруванні ароматичного вуглеводню X (масова частка карбону 90,57%) 25%-вим надлишком хлору в присутності хлориду алюмінію відбулося пошкодження регулятора, внаслідок чого в процесі реакції не було витримано часовий режим, що призвело до утворення суміші всіх його можливих хлорпохідних. Методом тонкошарової хроматографії в реакційній суміші виявили 9 хлорпохідних.

1. Встановіть формулу і структуру X. Який механізм хлорування X за даних умов?

2. Наведіть будову всіх хлорпохідних X, утворення яких спостерігалось в цьому експерименті.

Одну з утворених дихлорпохідних ввели в реакцію Ульмана:



При цьому утворилася речовина Y, яка існує у виді двох енантіомерів.

3. Яку структуру має дихлорпохідна та Y? Аргументуйте відповідь.

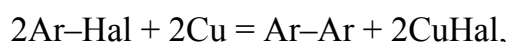
**Задача 2. Хлорирование по Фриделю-Крафтсу**

При хлорировании ароматического углеводорода **X** (массовая доля углерода 90,57%) 25%-ным избытком хлора в присутствии хлорида алюминия произошло повреждение регулятора, вследствие чего в процессе реакции был нарушен временной режим, что привело к образованию смеси всех его возможных хлорпроизводных. Методом тонкослойной хроматографии в реакционной смеси обнаружили 9 хлорпроизводных.

1. Установите формулу и строение **X**. Какой механизм хлорирования **X** в этих условиях?

2. Приведите строение всех хлорпроизводных **X**, образование которых наблюдалось в этом эксперименте.

С одним из образовавшихся дихлорпроизводных провели реакцию Ульмана:



в результате которой образовалось вещество **Y**, существующее в виде двух энантиомеров.

3. Какое строение имеют дихлорпроизводное и **Y**? Аргументируйте ответ.

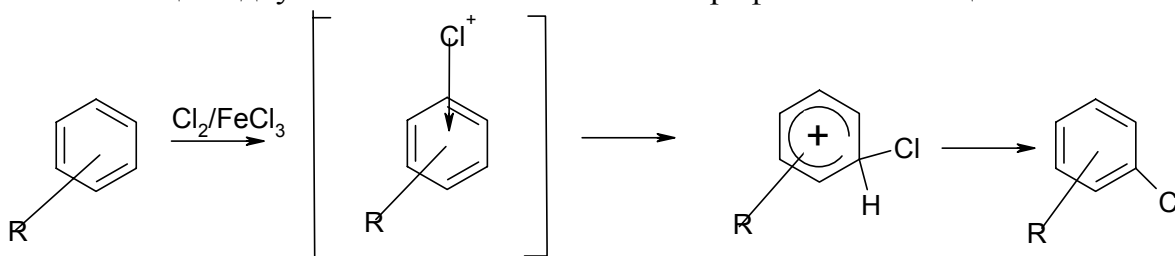
**Розв'язок**

1. Встановимо найпростішу формулу **X**:

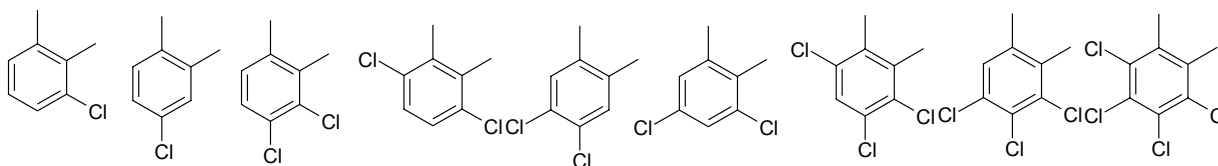
$$n(\text{C})/n(\text{H}) = (90,57/12):(9,43/1) = 4:5, \text{C}_4\text{H}_5,$$

але за умовою вуглеводень ароматичний, тобто його реальна формула  $\text{C}_8\text{H}_{10}$ .

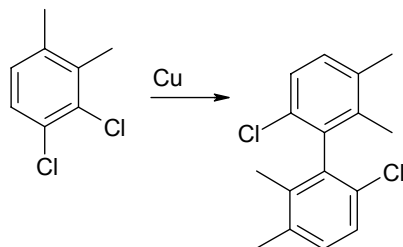
Реакція відбувається за механізмом електрофільного заміщення:



2. Недотримання режимів проведення реакції призводить до утворення суміші усіх хлорпохідних, що могли утворитися. Судячи з кількості таких речовин, **X** – 1,2-диметилбензен.



3. Проведення реакції Ульмана веде до утворення деякого біфенілу. Для того щоб продукт був оптично активним, потрібно, щоб обертання навколо С-С зв'язку було ускладненим, майже неможливим. Тому усі орто-положення мають бути зайняті замісниками. Отже, єдиний варіант:



### Задача 3. Рівновага

Відомо, що константи рівноваги залежать від температури. Зокрема, звичне значення іонного добутку води  $K_w = 10^{-14}$  наводять для температури  $25^\circ\text{C}$ . Враховуючи, що при  $0^\circ\text{C}$   $K_w$  зменшується до  $0,114 \cdot 10^{-14}$ , розрахуйте для цієї температури:

1. рН нейтрального розчину.
2. рН розчину соляної кислоти з концентрацією  $10^{-7}$  М.
3. Зміну рН  $0,005$  М розчину карбонату натрію при охолодженні розчину з  $25^\circ\text{C}$  до  $0^\circ\text{C}$ , враховуючи, що константа дисоціації вугільної кислоти при цьому майже не змінюється і становить  $K_{a2} = 4 \cdot 10^{-11}$ .

### Задача 3. Равновесие

Известно, что константы равновесий зависят от температуры. В частности, обычное значение ионного произведения воды  $K_w = 10^{-14}$  приводится для  $25^\circ\text{C}$ . Учитывая, что при  $0^\circ\text{C}$   $K_w$  уменьшается до  $0,114 \cdot 10^{-14}$ , рассчитайте для этой температуры:

1. рН нейтрального раствора.
2. рН раствора соляной кислоты с концентрацией  $10^{-7}$  М.
3. Изменение рН  $0,005$  М раствора карбоната натрия при охлаждении раствора с  $25^\circ\text{C}$  до  $0^\circ\text{C}$ , считая, что константа диссоциации угольной кислоты при этом остается неизменной  $K_{a2} = 4 \cdot 10^{-11}$ .

### Розв'язок

1.  $K_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]$ , в нейтральном розчині  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ ,  $[\text{H}^+] = (K_w)^{1/2} = 3,37 \cdot 10^{-8}$ ,  
**рН =  $-\lg[\text{H}^+] = 7,47$ .**

2.

	$\text{HCl} = \text{H}^+ + \text{Cl}^-$	$\text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{OH}^-$
[]	$10^{-7}$	$10^{-7} + X \quad X$

Тоді

$$(10^{-7} + X)X = 1,14 \cdot 10^{-15} \Rightarrow X^2 + 10^{-7}X - 1,14 \cdot 10^{-15} = 0 \Rightarrow$$

$$X = 1,03 \cdot 10^{-8} \Rightarrow [\text{H}^+] = 11,03 \cdot 10^{-8} \Rightarrow \text{pH} = \mathbf{6,96}.$$

3. Нехай внаслідок реакції гідролізу концентрація карбонат-іонів зменшилася на X моль/л. Тоді

	$\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-} = \text{HO}^- + \text{HCO}_3^-$
[]	$c - X \quad X \quad X$

$$K_r = K_w / K_{a2}.$$

$$K_r = X^2 / (c - X) \Rightarrow X = \frac{-K_r + \sqrt{K_r^2 + 0,02K_r}}{2}.$$

	$K_r$	$[\text{OH}^-]$	pOH	pH
25°C	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$9,99 \cdot 10^{-4}$	3,00	11,00
0°C	$2,85 \cdot 10^{-5}$	$3,64 \cdot 10^{-4}$	3,44	11,50

$$\Delta \text{pH} = \mathbf{+0,5}.$$

#### Задача 4. Хімія ізотопів

Якщо сполуки відрізняються масовими числами нуклідів, що входять до їхнього складу, реакційна здатність цих сполук може помітно відрізнитися.

1. Які з наведених нуклідів є ізотопами:  $^{14}\text{N}$ ,  $^{34}\text{S}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{30}\text{S}$ ,  $^{14}\text{O}$ ,  $^{34}\text{Cl}$ ? Визначте загальну кількість нуклонів у ядрах обраних вами ізотопів.

2. З якою водою енергійніше реагує металічний магній і чому:  $\text{D}_2\text{O}$ ,  $\text{HDO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ? Запишіть рівняння реакцій магнію для кожного випадку та обґрунтуйте свій вибір основних продуктів реакції.

3. Як синтезувати з простих речовин такі сполуки:  $\text{ND}_3$ ,  $\text{N}_2\text{D}_4$ ,  $\text{ND}_4\text{D}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{D}_2\text{O}_2$ ,  $\text{LiAlD}_4$ ,  $\text{SiD}_4$ ?

4. Запишіть можливі процеси, що відбуваються на електродах при електролізі чистого  $\text{HD}^{16}\text{O}$ .

#### Задача 4. Хімія ізотопов

Если соединения отличаются массовыми числами нуклидов, входящих в их состав, то реакционная способность этих соединений может заметно отличаться.

1. Какие из перечисленных нуклидов являются изотопами:  $^{14}\text{N}$ ,  $^{34}\text{S}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{30}\text{S}$ ,  $^{14}\text{O}$ ,  $^{34}\text{Cl}$ ? Определите общее количество нуклонов в ядрах выбранных вами изотопов.
2. С какой водой более энергично реагирует металлический магний и почему:  $\text{D}_2\text{O}$ ,  $\text{HDO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ? Запишите уравнения реакций магния для каждого случая и обоснуйте свой выбор основных продуктов реакции.
3. Как получить из простых веществ такие соединения:  $\text{ND}_3$ ,  $\text{N}_2\text{D}_4$ ,  $\text{ND}_4\text{D}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{D}_2\text{O}_2$ ,  $\text{LiAlD}_4$ ,  $\text{SiD}_4$ ?
4. Запишите возможные процессы, которые происходят у электродов при электролизе чистого  $\text{HD}^{16}\text{O}$ .

## Розв'язок

1.  $^{14}\text{N}(7\text{p}, 7\text{n})$  та  $^{15}\text{N}(7\text{p}, 8\text{n})$ ,  $^{34}\text{S}(16\text{p}, 18\text{n})$  та  $^{30}\text{S}(16\text{p}, 14\text{n})$ .
2. Енергійніше реакція йде з  $\text{H}_2\text{O}$ , оскільки атом Н більш рухливий, ніж D.  
Рівняння реакцій:  

$$\text{Mg} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2,$$

$$\text{Mg} + 2\text{HDO} = \text{Mg}(\text{OD})_2 + \text{H}_2,$$

$$\text{Mg} + 2\text{HDO} = \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{D}_2,$$

$$\text{Mg} + 2\text{HDO} = \text{Mg}(\text{OD})(\text{OH}) + \text{DH},$$

$$\text{Mg} + 2\text{D}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OD})_2 + \text{D}_2.$$
3.
$$\text{N}_2 + 3\text{D}_2 = 2\text{ND}_3,$$

$$2\text{H}_2 + \text{O}_2 = \text{H}_2\text{O},$$

$$2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2,$$

$$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCl} + \text{HClO},$$

$$\text{HClO} + \text{NaOH} = \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O},$$

$$2\text{ND}_3 + \text{NaClO} = \text{N}_2\text{D}_4 + \text{NaCl} + \text{D}_2\text{O},$$

$$2\text{D}_2 + \text{O}_2 = 2\text{D}_2\text{O},$$

$$3\text{D}_2\text{O} + \text{P}_2\text{O}_5 + 2\text{ND}_3 = 2\text{ND}_4\text{D}_2\text{PO}_4,$$

$$\text{Ba} + \text{O}_2 = \text{BaO}_2,$$

$$\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2,$$

$$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3,$$

$$\text{SO}_3 + \text{D}_2\text{O} = \text{D}_2\text{SO}_4,$$

$$\text{BaO}_2 + \text{D}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + \text{D}_2\text{O}_2,$$

$$2\text{Li} + \text{D}_2 = 2\text{LiD},$$

$$2\text{Al} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{AlCl}_3,$$

$$4\text{LiD} + \text{AlCl}_3 = \text{LiAlD}_4 + 3\text{LiCl},$$

$$2\text{Mg} + \text{Si} = \text{Mg}_2\text{Si},$$

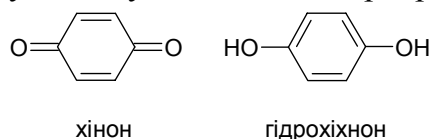
$$\text{Mg}_2\text{Si} + 4\text{D}_2\text{O} = 2\text{Mg}(\text{OD})_2 + \text{SiD}_4,$$
4.  $\text{HDO} = \text{H}^+ + \text{OD}^-$ ,  $\text{HDO} = \text{D}^+ + \text{OH}^-$ .  
Катод:  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2$ ,  $2\text{D}^+ + 2\text{e}^- = \text{D}_2$ ,  $\text{H}^+ + \text{D}^+ + 2\text{e}^- = \text{HD}$ ,  
анод:  $4\text{OH}^- + 4\text{e}^- = \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

## Задача 5. Хінгідронний електрод

Після відвідування лекцій з фізичної та аналітичної хімії допитливий студент вирішив поміряти рН розчину хлоридної кислоти електрохімічним методом. Для цього він наситив досліджуваний розчин хінгідроном (еквімолярний адукт хінону та гідрохінону), занурив у нього платиновий електрод та за допомогою сольового містка з'єднав цей напівелемент з каломельним ( $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ) електродом, зануреним в 0,100 М



розчин хлориду калію. Вимірявши ЕРС отриманого гальванічного елемента та здійснивши необхідні розрахунки, студент визначив рН розчину.



Стандартні електродні потенціали каломельного та насиченого хінгідронного електродів складають відповідно  $E_{\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}}^0 = 0,8000 \text{ В}$ ,  $E_{\text{Х/ГХ}}^0 = 0,7000 \text{ В}$ , а добуток розчинності  $K_{\text{S}_0}(\text{Hg}_2\text{Cl}_2) = 1,3 \cdot 10^{-18}$ .

1. Запишіть гальванічний елемент та рівняння напівреакцій, що відбуваються на хінгідронному і каломельному електродах.

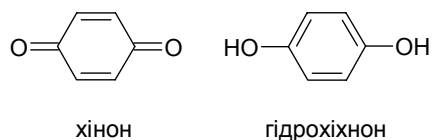
2. Виведіть формули для розрахунку потенціалів хінгідронного і каломельного електродів та розрахуйте потенціал каломельного електроду, який було застосовано для вимірів.

3. Яке значення рН розчину НСІ отримав студент, якщо виміряна ЕРС системи дорівнювала 0,176 В при температурі 25°C?

4. Які умови висуваються до досліджуваного розчину при вимірюванні його рН за допомогою хінгідронного електроду?

### Задача 5. Хингидронный электрод

После посещения лекций по физической и аналитической химии пытливым студент решил измерить рН раствора хлоридной кислоты электрохимическим методом. Для этого он насытил исследуемый раствор хингидроном (эквимольный аддукт хинона и гидрохинона), погрузил в него платиновый электрод и с помощью солевого мостика соединил этот полуэлемент с каломельным ( $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ) электродом, погруженным в 0,100 М раствор хлорида калия. Измерив ЭДС полученного гальванического элемента, студент произвел соответствующие вычисления и определил рН раствора.



Стандартные электродные потенциалы каломельного и насыщенного хингидронного электродов составляют соответственно  $E_{\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}}^0 = 0,8000 \text{ В}$ ,  $E_{\text{Х/ГХ}}^0 = 0,7000 \text{ В}$ , а произведение растворимости  $K_{\text{S}_0}(\text{Hg}_2\text{Cl}_2) = 1,3 \cdot 10^{-18}$ .

1. Запишите гальванический элемент и уравнения реакций, которые происходят на хингидронном и каломельном электродах.

2. Виведіть формули для расчета потенциалов хингидронного и каломельного электродов и рассчитайте потенциал каломельного электрода, который был использован для измерений.

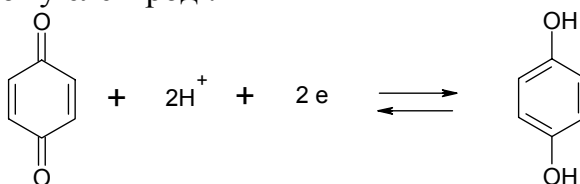
3. Какое значение рН раствора HCl получил студент, если измеренная ЭДС системы равнялась 0,176 В при температуре 25°C?

4. Какие условия предъявляются к исследуемому раствору при измерении его рН с помощью хингидронного электрода?

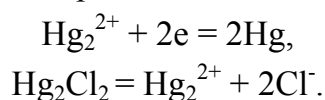
### Розв'язок

1. (-) Hg | Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, KCl || H<sup>+</sup>, хингидрон | Pt (+)

Реакція на хингидронному електроді:



Реакції на каломельному електроді:



2. Рівняння Нернста для напівреакції відновлення хінону до гідрохінону (Q – хінон, H<sub>2</sub>Q – гідрохінон, активності індивідуальних речовин за визначенням дорівнюють 1):

$$E_{\text{Q}, 2\text{H}^+ / \text{H}_2\text{Q}} = E_{\text{Q}, 2\text{H}^+ / \text{H}_2\text{Q}}^0 + \frac{RT}{2F} \ln \frac{a_{\text{Q}} a_{\text{H}^+}^2}{a_{\text{H}_2\text{Q}}} = 0.7000 - 0.059 \text{pH}.$$

Рівняння Нернста для напівреакції на каломельному електроді:

$$E = E_{\text{Hg}_2^{2+} / \text{Hg}}^0 + \frac{RT}{2F} \ln a_{\text{Hg}_2^{2+}}.$$

Активність іонів Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup> залежить від концентрації хлорид-іонів:

$$a_{\text{Hg}_2^{2+}} = K_{S0} / [\text{Cl}^-]^2, \text{ звідки}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{Hg}_2^{2+} / \text{Hg}} &= E_{\text{Hg}_2^{2+} / \text{Hg}}^0 + \frac{RT}{2F} \ln K_{S0} - \frac{RT}{2F} \ln [\text{Cl}^-]^2 = \\ &= 0.8000 + \frac{0.0059}{2} \times (-41.1842) - 0,0059 \cdot \ln 0.1 = 0.3302 \text{ В}. \end{aligned}$$

$$3. \text{EPC} = E_{\text{Q}, 2\text{H}^+ / \text{H}_2\text{Q}} - E_{\text{Hg}_2^{2+} / \text{Hg}} = 0.7000 - 0.059 \text{pH} - 0.3302 = 0.176 \text{ (В)},$$

звідки рН = **3.28**.

4. Хінгідронним електродом не можна користуватися в лужних розчинах, оскільки гідроксидон є слабкою кислотою. Цей електрод не можна використовувати для вимірювання рН розчинів, що містять окисники та відновники, здатні вступати в реакцію з хінгідроном.

### Задача 6. Хлорування

При хлоруванні деякого алкану ( $n < 17$ ) хлором при освітленні утворюються чотири продукти монохлорування з виходами 32,1 % (А), 24,1% (В), 28,6% (С) та 17,9% (D). Якщо цей вуглеводень пробромувати за тих самих умов, то утворюються лише 2 продукти. Швидкості заміщення хлором атома гідрогену при первинному, вторинному та третинному атомах карбону мають відношення 1:4:5 відповідно.

1. Визначте склад та будову невідомого алкану та назвіть його, якщо спектри ПМР речовин С і D та продуктів бромовання схожі за кількістю та мультиплетністю сигналів.

2. Які з ізомерів цього алкану можна отримати як єдині продукти за реакцією Вюрца? Розташуйте ці алкани в ряд по зменшенню температури кипіння та вкажіть, який з них при однакових умовах матиме найменший мольний об'єм в рідкому стані.

3. Який з ізомерів цього алкану має найменшу кількість сигналів в спектрі ПМР? Скільки сигналів в спектрі ЯМР  $^{13}\text{C}$  для нього буде наявно?

4. Чому селективність бромовання набагато більша, ніж хлорування?

5. Як селективність хлорування залежить від температури?

6. Які продукти могли утворитися як побічні при хлоруванні окрім поліхлорзаміщених?

### Задача 6. Хлорирование

При хлорировании некоторого алкана ( $n < 17$ ) хлором при освещении образуются четыре продукта монохлорирования с выходами 32,1 % (А), 24,1% (В), 28,6% (С) и 17,9% (D). Если этот углеводород бромировать в тех же самых условиях, образуются только 2 продукта. Скорости замещения хлором атома водорода при первичном, вторичном и третичном атомах углерода имеют соотношение 1:4:5 соответственно.

1. Определите состав и строение неизвестного алкана и назовите его, если спектры ПМР веществ С и D и продуктов бромирования схожи по числу и мультиплетности сигналов.

2. Какие из изомеров этого алкана можно получить в качестве единственных продуктов по реакции Вюрца? Расположите эти углеводороды в ряд по уменьшению

температуры кипения и укажите, какой из них при одинаковых условиях имеет наименьший мольный объем в жидком состоянии.

3. Какой из изомеров этого алкана имеют минимальное число сигналов в ПМР спектре? Сколько сигналов будет наблюдаться в спектре ЯМР  $^{13}\text{C}$  этого изомера?

4. Почему селективность реакции бромирования значительно выше, чем хлорирования?

5. Как селективность реакции хлорирования зависит от температуры?

6. Какие продукты могут образовываться в качестве побочных при хлорировании, не считая полихлорзамещенных?

### Розв'язок

1. Найгірше хлоруються первинні атоми карбону. Отже, їх у суміші монобромпохідних не буде (оскільки бромовання є більш селективним процесом). Оскільки спектри ПМР речовин С та D схожі на спектри продуктів монобромовання, це свідчить про те, що С та D – продукти хлорування по вторинному чи третинному атому карбону. Отже, А і В – це продукти хлорування по первинному атому карбону. Виходи продуктів хлорування залежать від двох факторів: швидкості заміщення атому та кількості атомів водню. Для того щоб знайти відношення кількостей атомів гідрогену, слід виходи речовин поділити на відношення швидкостей заміщення.

Треба розглянути чотири варіанти:

1) С та D є вторинними хлоралканами,

2) С та D – третинні хлоралкани,

3) С – вторинний, а D – третинний,

4) С – третинний, а D – вторинний.

$$1) \quad n_{\text{HA}} : n_{\text{HB}} : n_{\text{HC}} : n_{\text{HD}} = \frac{32,1}{1} : \frac{24,1}{1} : \frac{28,6}{5} : \frac{17,9}{5} = 9 : 6 : 1,6 : 1$$

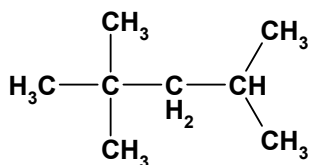
$$2) \quad n_{\text{HA}} : n_{\text{HB}} : n_{\text{HC}} : n_{\text{HD}} = \frac{32,1}{1} : \frac{24,1}{1} : \frac{28,6}{4} : \frac{17,9}{4} = 7,17 : 4,78 : 1,6 : 1$$

$$3) \quad n_{\text{HA}} : n_{\text{HB}} : n_{\text{HC}} : n_{\text{HD}} = \frac{32,1}{1} : \frac{24,1}{1} : \frac{28,6}{4} : \frac{17,9}{5} = 9 : 6 : 2 : 1$$

$$4) \quad n_{\text{HA}} : n_{\text{HB}} : n_{\text{HC}} : n_{\text{HD}} = \frac{32,1}{1} : \frac{24,1}{1} : \frac{28,6}{5} : \frac{17,9}{4} = 7,17 : 4,78 : 1,27 : 1$$

Отже, підходить варіант 3). Оскільки загальна кількість атомів гідрогену  $9 + 6 + 2 + 1 = 18$ , то кількість атомів карбону в алкані  $\frac{18-2}{2} = 8$ .

Вуглеводень має такі групи:  $3\text{CH}_3$ ,  $3\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}$ , і залишається ще один атом карбону. Таким чином, алкан – **2,2,4-триметилпентан**

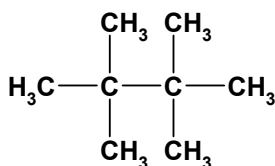


2.



Найменший мольний об'єм має алкан X, оскільки його молекули найбільш щільно прилягають одна до одної.

3.



1 сигнал метильної групи в ПМР-спектрі та 2 сигнали в спектрі ЯМР  $^{13}\text{C}$ .

4. Бромовання проходить повільніше у 25000 разів, що підвищує селективність.

5. З підвищенням температури селективність знижується, оскільки легше долаються енергетичні бар'єри.

6. Виходячи з механізму хлорування, могли утворитись деякі ізомери алкану  $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$  ( $\text{C}_8\text{H}^{\bullet}_{17} + \text{C}_8\text{H}^{\bullet}_{17} \rightarrow \text{C}_{16}\text{H}_{34}$ ) або деякі ізомери алкену  $\text{C}_8\text{H}_{16}$  ( $\text{C}_8\text{H}_{17} \xrightarrow{-\text{H}^{\bullet}} \text{C}_8\text{H}_{16}$ ).

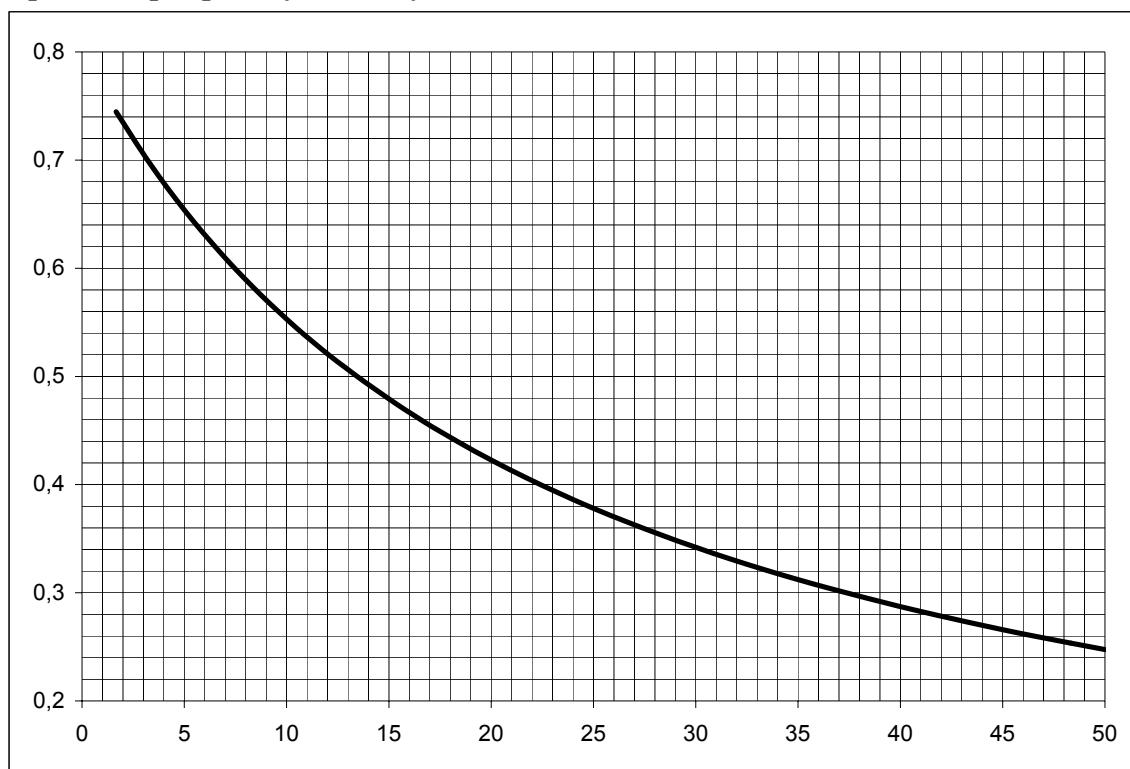
## 11 клас

## I тур

**Задача 1. Гіпоброміт**

В результаті дослідження швидкості диспропорціювання гіпоброміт-іона ( $\text{BrO}^-$ ) з утворенням бромату ( $\text{BrO}_3^-$ ) у водному розчині при  $80^\circ\text{C}$  одержали таку залежність концентрації гіпоброміту від часу:

c,  
M

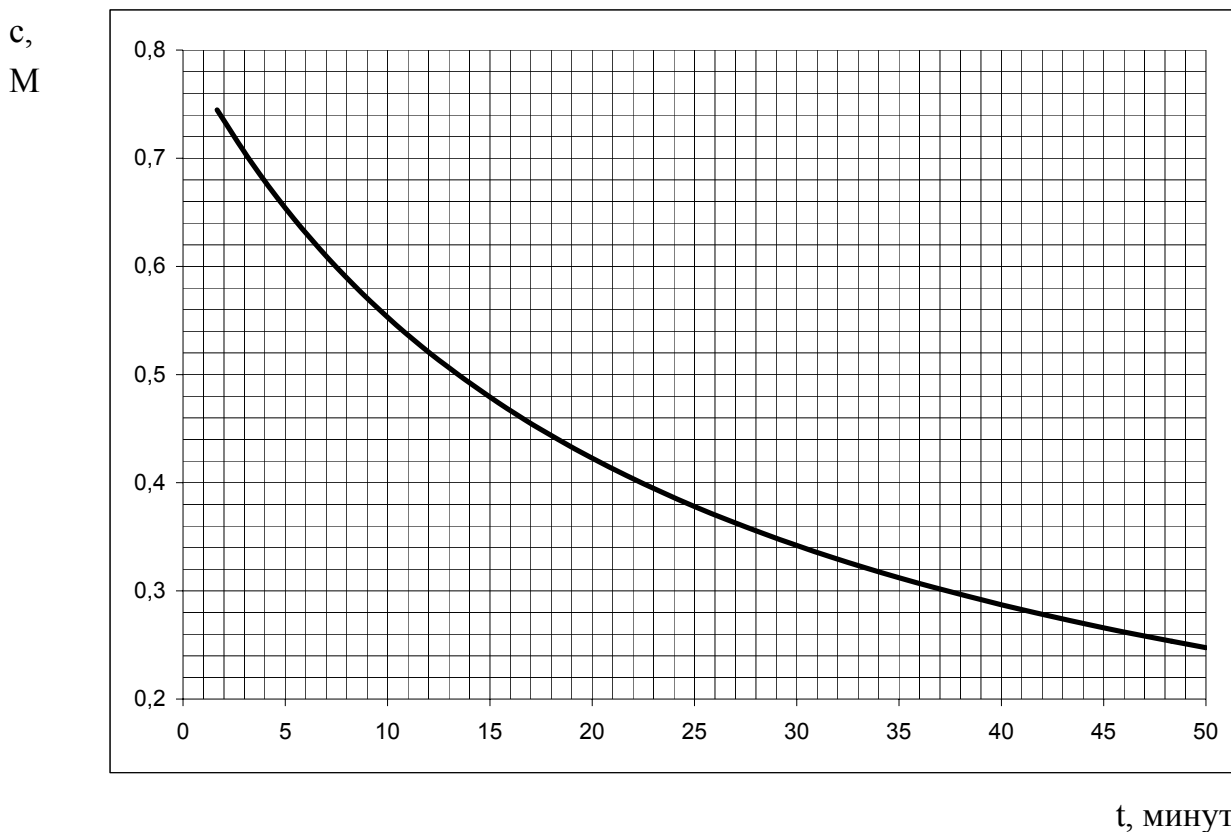


t, хвилини

1. Напишіть рівняння реакції диспропорціювання гіпоброміту.
2. Визначте порядок реакції і підтвердіть відповідь розрахунком.
3. Оцініть константу швидкості цієї реакції.
4. Запропонуйте механізм цієї реакції, який відповідає експериментальним даним.
5. Яким методом можна скористатися, щоб отримати наведену на графіку криву в хімічній лабораторії, якщо є будь-які реактиви, посуд, але немає приладів для фізичних вимірювань (крім терезів і термометру з однією позначкою  $80^\circ\text{C}$ )?

**Задача 1. Гипобромит**

В результате исследования скорости диспропорционирования гипобромит-йона ( $\text{BrO}^-$ ) с образованием бромата ( $\text{BrO}_3^-$ ) в водном растворе при  $80^\circ\text{C}$  получили следующую зависимость концентрации гипобромита от времени:



1. Напишите уравнение реакции диспропорционирования гипобромита.
2. Определите порядок реакции и подтвердите ответ расчетом.
3. Оцените константу скорости этой реакции.
4. Предложите механизм этой реакции, согласующийся с экспериментальными данными.
5. Каким методом можно воспользоваться для получения приведенной на графике кривой в химической лаборатории, если есть любые реактивы, посуда, но нет приборов для физических измерений (кроме весов и термометра с одной отметкой 80°C)?

### Розв'язок



2, 3. В цьому випадку зручніше за все визначити порядок за залежністю часу напівреакції від концентрації. Для реакцій першого порядку час напівреакції не залежить від концентрації, для реакцій інших порядків залежить. Виберемо будь-які дві пари точок на графіку, для яких  $c_2 = c_1/2$ , наприклад, такі:

Перша пара:

$$c_1 = 0,68 \text{ М}, t_1 = 4,0 \text{ хв.}$$

$$c_2 = 0,68/2 = 0,34 \text{ М},$$

з графіку  $t_2 = 30,0 \text{ хв.}$

Друга пара:

$$c_1 = 0,52 \text{ М}, t_1 = 12,0 \text{ хв.}$$

$$c_2 = 0,52/2 = 0,26 \text{ М},$$

з графіку  $t_2 = 46,5 \text{ хв.}$

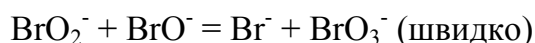
Перевірка показує, що це реакція другого порядку.

$$k = 1/(c_0 t_{1/2});$$

$$k = 0,057 \text{ л}/(\text{моль} \cdot \text{хв}) \text{ по першій парі точок і}$$

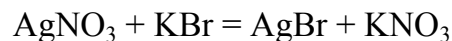
$$k = 0,056 \text{ л}/(\text{моль} \cdot \text{хв}) \text{ по другій парі точок.}$$

4. Оскільки порядок дорівнює 2, в елементарному акті має йти зіткнення двох частинок гіпоброміту. Ймовірно, що при цьому відбувається перенос електрону та іону кисню. Але частинка, що утворилася, є більш реакційно здатною, і цей інтермедіат далі швидко реагує з іншим гіпоброміт-іоном:



Звертаємо увагу, що цей механізм узгоджується з експериментальними даними, але для точного з'ясування механізму реакції цього експерименту недостатньо, оскільки можливі інші механізми, що також будуть відповідати реакції другого порядку.

5. Для отримання наведеної кривої треба знайти метод, яким можна визначати залежність концентрацію будь-якого реагенту від часу. Простіше за все визначати концентрацію бромід-іону за реакцією

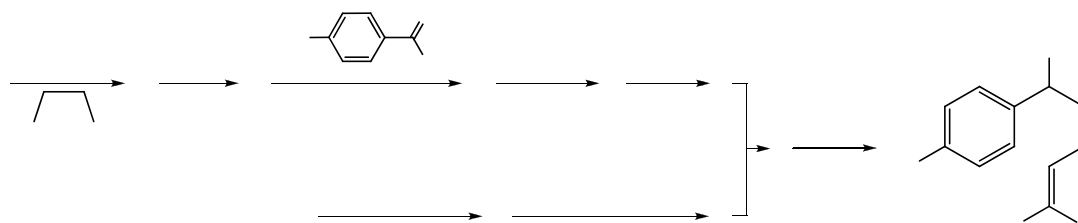


З реакційної суміші треба відбирати аліквоти, швидко охолоджувати їх (оскільки швидкість реакцій в середньому падає в 2-4 рази при пониженні температури на 10°C, охолодження з 80°C до кімнатної температури означатиме уповільнення реакції мінімум у 2<sup>6</sup> рази), і титрувати суміш розчином AgNO<sub>3</sub> або осаджувати AgBr.

## Задача 2. Нуцифераль

Хвойна олія Торреї горіхоносної (*Torreya nucifera*) завдяки оригінальному запаху використовується в парфумерній і кондитерській промисловості. Її основним компонентом є терпеноїд нуцифераль, що містить реакційноздатну  $\alpha, \beta$ -ненасичену альдегідну групу. В лабораторії ( $\pm$ )-нуцифераль можна синтезувати, виходячи з акролеїну, метилацетофенону та пропаналю.

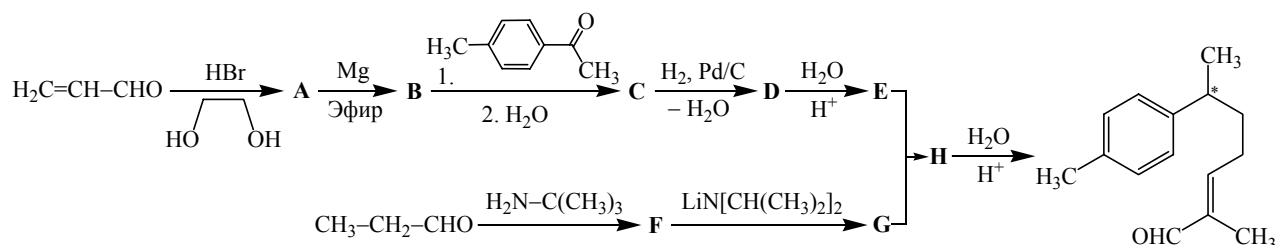




1. Виділіть у структурній формулі нуцифералу фрагменти молекул, з яких складається його вуглецевий кістяк.
2. Напишіть структурні формули сполук А – Н.
3. Для чого при приєднанні бромоводню до акролеїну необхідний етиленгліколь?
4. Чому не можна провести реакцію безпосередньо між пропаналем і Е?

### Задача 2. Нуцифераль

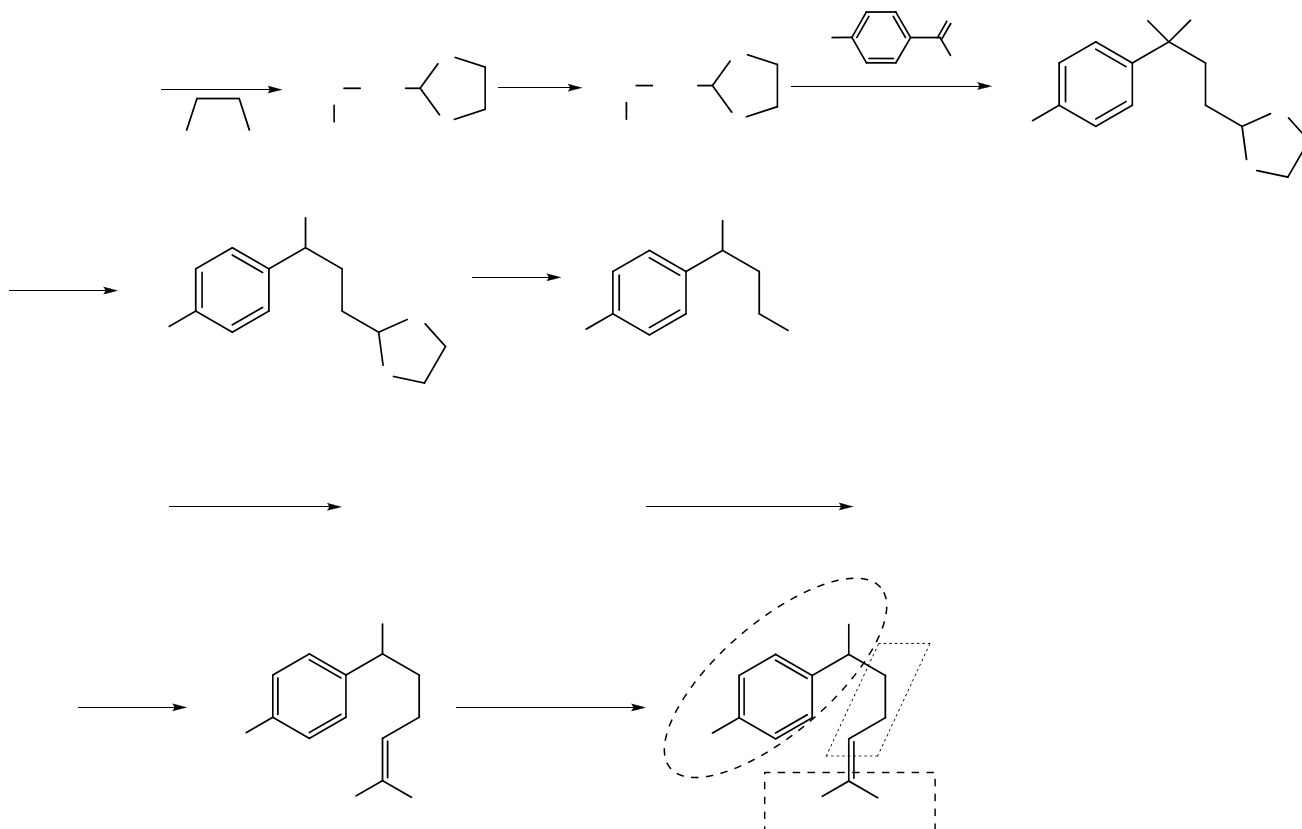
Хвойное масло Торреи орехоносной (*Torreya nucifera*) благодарит оригинальному запаху используется в парфюмерной и кондитерской промышленности. Его основным компонентом является терпеноид нуцифераль, содержащий реакционноспособную  $\alpha,\beta$ -ненасыщенную альдегидную группу. В лаборатории ( $\pm$ )-нуцифераль можно синтезировать, исходя из акролеина, метилацетофенона и пропанала.



1. Выделите в структурной формуле нуциферала фрагменты молекул, составляющих его углеродный скелет.
2. Напишите структурные формулы соединений А – Н.
3. Для чего при присоединении бромоводорода к акролеину необходим этиленглицоль?
4. Почему нельзя провести реакцию непосредственно между пропаналем и Е?

## Розв'язок

1, 2.



HBr

3. В кислому середовищі етилгліколь взаємодіє з продуктом приєднання бромоводню з утворенням циклічного ацеталу. “Діоксолановий захист” блокує вільну альдегідну групу, що запобігає самоконденсації активного альдегіду і захищає альдегідну групу від подальших перетворень (взаємодія з реактивом Гриньяра та відновлення воднем).
4. При безпосередній взаємодії пропаналу з E утворюється складна суміш продуктів, оскільки кожен з них може виступати як метиленовою, так і карбонільною компонентою. Утворення альдіміну виключає взаємодію пропаналу по карбонільній групі, а генерування карбаніону при дії основи робить протікання реакції однозначним.

## Задача 3. Томоксифен

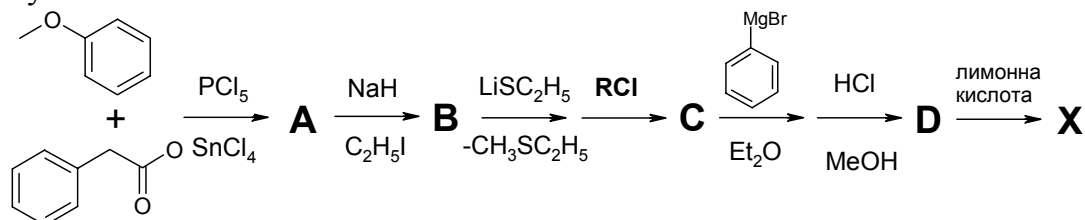
H<sub>2</sub>, Pd/C

Лікування та попередження раку молочної залози вважається однією з головних проблем медицини. Для боротьби з цією хворобою широко використовують препарати з групи *антиестрогенів*. Перший та найбільш відомий представник цієї

D

групи – “ТОМОКСИФЕН” – було синтезовано в 1963 році як протизаплідний засіб, але пізніше він знайшов використання як у лікуванні, так і в попередженні цієї хвороби.

Нижче наведено нестереоспецифічний синтез головного компоненту „ТОМОКСИФЕНУ” – сполуки **X**, яка являє собою добре розчину у воді кристалічну речовину:



За даним способом добувають суміш *E,Z*-ізомерів сполуки **D**, але активним є лише похідна *Z*-ізомеру, який відокремлюють хроматографічними методами.

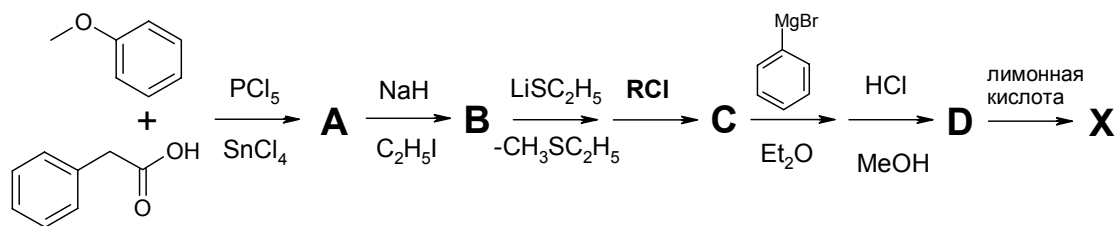
Відомо, що в мас-спектрі сполуки **D** спостерігається інтенсивний пік  $M+1$  іона з масою 372, а ПМР спектр цієї сполуки містить такі сигнали (м.ч.): 0,90 (3H, триплет), 2,3-2,8 (4H, мультиплет), 2,25 (6H, синглет), 3,90 (2H, триплет), 6,50 (2H, дублет), 6,75 (2H, дублет), 7,15 (5H, синглет), 7,30 (5H, синглет).

1. Визначте сполуки **A** – **D** та **X**.
2. Яку хлорпохідну (**RCl**) було використано в синтезі сполуки **X**?
3. Наведіть будову *R,S*-ізомерів сполуки **B**.
4. Наведіть будову *E,Z*-ізомерів сполуки **D**. Чому при тривалому зберіганні “ТОМОКСИФЕНУ” (особливо в місці, куди потрапляє сонячне світло) активність препарату значно знижується?

### Задача 3. Томоксифен

Лечение и профилактика рака молочной железы является одной из главных проблем медицины. Для борьбы с этой болезнью широко используют препараты группы антиэстрогенов. Первый и наиболее известный представитель этой группы – “ТОМОКСИФЕН” – был синтезирован в 1963 году как противозачаточное средство, но позднее он нашел применение как в лечении, так и в профилактике рака молочной железы.

Ниже приведен нестереоспецифический синтез главного компонента “ТОМОКСИФЕНА” – соединения **X**, которое представляет собой хорошо растворимое в воде кристаллическое вещество:



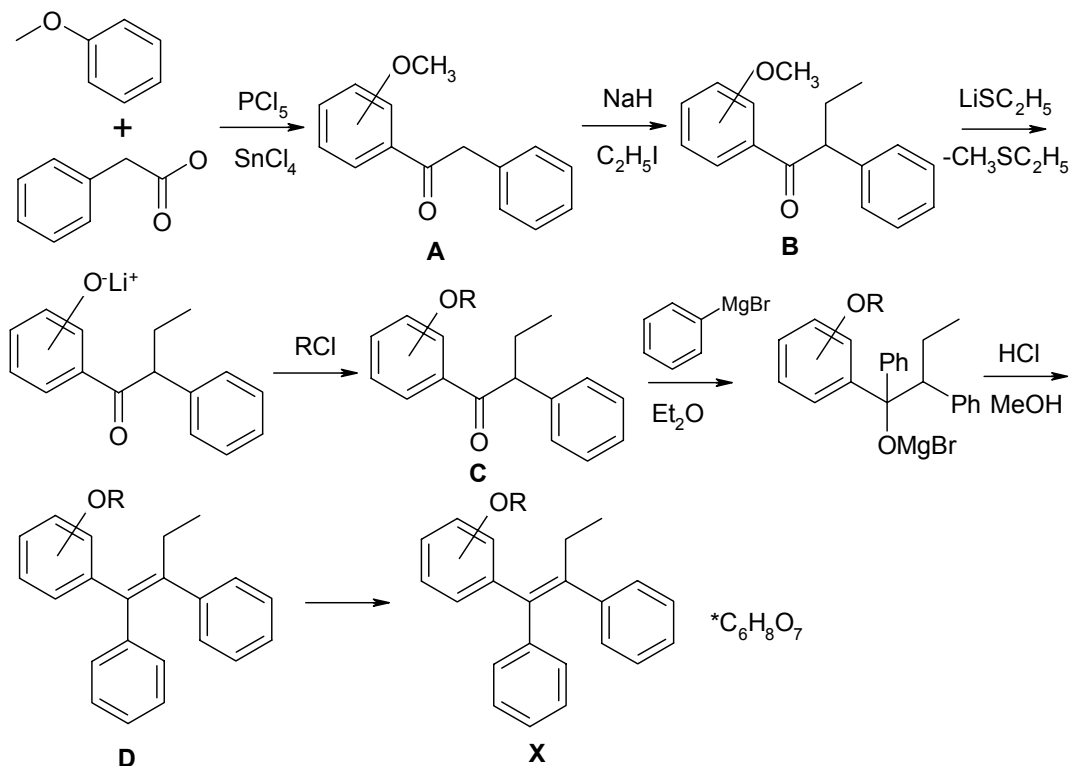
С использованием этого способа получают смесь *E,Z*-изомеров соединения **D**, но активным является только производное *Z*-изомера, который отделяют хроматографическими методами.

Известно, что в масс-спектре соединения **D** наблюдается интенсивный пик  $\text{M}+1$  иона с массой 372, а ПМР спектр этого соединения содержит такие сигналы (м.д.): 0,90 (3H, триплет), 2,3-2,8 (4H, мультиплет), 2,25 (6H, синглет), 3,90 (2H, триплет), 6,50 (2H, дублет), 6,75 (2H, дублет), 7,15 (5H, синглет), 7,30 (5H, синглет).

1. Определите соединения **A – D** и **X**.
2. Какое хлорпроизводное (**RCl**) было использовано в синтезе соединения **X**?
3. Приведите строение *R,S*-изомеров соединения **B**.
4. Приведите строение *E,Z*-изомеров соединения **D**.
5. Почему при длительном хранении “ТОМОКСИФЕНА” (особенно в местах, куда попадает солнечный свет) активность препарата значительно снижается?

### Розв'язок

1.



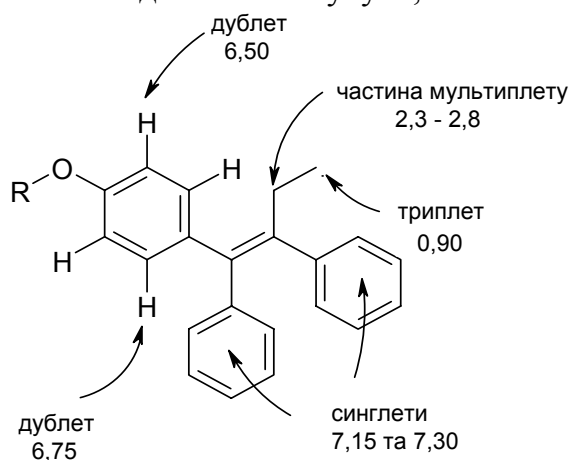
Сполука **A** утворюється за рахунок реакції електрофільного заміщення, тому  $\text{OCH}_3$ -група повинна знаходитися або в *o*-, або в *n*-положенні. Сполука **D** обов'язково повинна бути алкеном, оскільки існує у вигляді пари *E,Z*-ізомерів. Оскільки сполука **X** добре розчинна у воді кристалічна речовина, робимо висновок, що **X** – цитрат сполуки **D**.

Визначимо **RCI**:

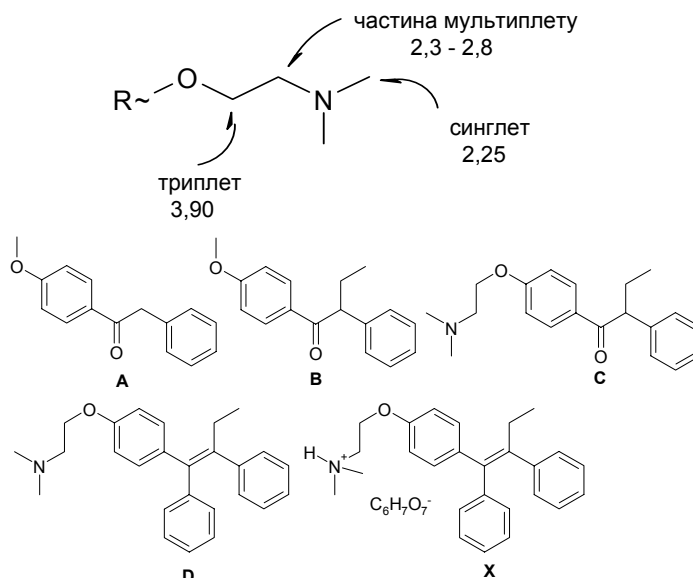
- a) за даними мас-спектроскопії  $M(R) = 372 - 299 - 1 = 72$  (г/моль);  
 b) за даними ПМР-спектроскопії  $n(\text{H у } \text{RX}) = (5 + 5 + 4 + 2 + 4 + 6 + 3) - 19 = 10$ .

Оскільки сполука **X** – цитрат, то до складу **R** повинен входити основний атом нітрогену (причому один, оскільки значення  $M+1$  парне). Тоді **R** –  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{N}$ .

Визначимо за спектральними даними сполуку **D**,

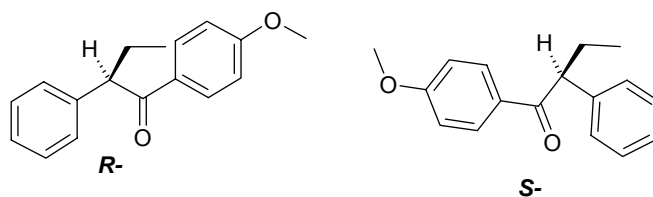


Віднесення сигналів: 6H синглет при 2,25 м.ч. – скоріше за все, від протонів групи  $\text{N}(\text{CH}_3)_2$ , 2H триплет при 3,90 м.ч. та частина мультиплету при 2,3-2,8 м.ч. – сигнали протонів, які входять до складу **R**, який знаходиться в *n*-положенні. Звідси єдиний можливий **R** –

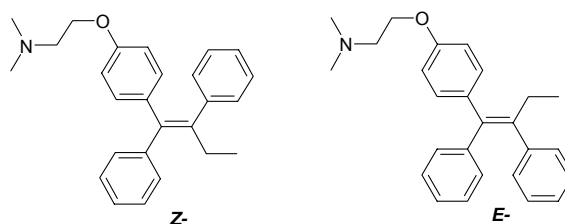


2.  $\text{RCl} - \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_2$ .

3.



4.



5. Відбувається ізомеризація активного **Z**-ізомера в неактивний **E**-ізомер.

#### Задача 4. Титрування

Наважку кристалогідрату **Z** деякої солі **A**, що знаходить застосування в аналітичній хімії, масою 0,392 г розчинили у воді. Отриманий розчин обробили надлишком розчину  $\text{BaCl}_2$ , при цьому випало 0,466 г білого осаду **B**, що не розчиняється в кислотах. Осад відфільтрували, до фільтрату додали надлишок лугу і прокип'ятили. В результаті реакції було отримано 46,7 мл газу **C** (зібраного при температурі  $20^\circ\text{C}$  і тиску 104,3 кПа) та зеленуватий осад гідроксиду металу **X**, який при зберіганні на повітрі став бурим. Газ **C** має характерний різкий запах і повністю поглинається розчином сульфатної кислоти.

Лаборант приготував зразок кристалогідрату **Z** та чомусь вирішив висушити його в вакуумі перед використанням. Це призвело до часткової втрати води. Для визначення складу кристалогідрату після висушування, його наважку масою 0,3796 г розчинили у розчині сульфатної кислоти з молярною концентрацією 0,5 моль/л та провели потенціометричне титрування розчином церій (IV) сульфату з молярною концентрацією 0,0500 моль/л. Отримали наступні результати (**V** – об'єм доданого розчину титранту, **E** – ЕРС відповідного гальванічного елемента):

V, мл	10,00	18,00	19,80	20,00	20,20	22,00	30,00
E, мВ	771	830	889	1110	1332	1391	1453

При титруванні відбувається єдина реакція: окиснення іона металу **X**.

1. Визначте сіль **A**, осад **B**, газ **C**, метал **X** і кристалогідрат **Z**. Наведіть рівняння згаданих реакцій.

2. Як можна визначити кінцеву точку титрування в цериметрії?
3. Побудуйте інтегральну ( $E, \text{ мВ} - V, \text{ мл}$ ) і диференціальну ( $\Delta E/\Delta V - V, \text{ мл}$ ) криві потенціометричного титрування. Покажіть на графіках кінцеву точку титрування (КТТ). Знайдіть об'єм доданого титранту в КТТ.
4. Визначте масову частку металу **X** в кристалогідраті після зберігання і новий склад кристалогідрату.

#### Задача 4. Титрование

Навеску кристаллогидрата **Z** некоторой соли **A**, которая находит применение в аналитической химии, массой 0,392 г растворили в воде. Полученный раствор обработали избытком раствора барий хлорида, при этом выпало 0,466 г белого осадка **B**, не растворимого в кислотах. Осадок отфильтровали, к фильтрату добавили избыток щелочи и прокипятили. В результате реакции получили 46,7 мл газа **C** (собранного при температуре 20°C и давлении 104,3 кПа) и зеленоватый осадок гидроксида металла **X**, который при хранении на воздухе побурел. Газ **C** имеет характерный резкий запах и полностью поглощается раствором серной кислоты.

Лаборант приготовил образец кристаллогидрата **Z** и почему-то решил высушить его в вакууме перед использованием. Это привело к частичной потере воды. Для определения состава кристаллогидрата после высушивания его навеску массой 0,3796 г растворили в растворе серной кислоты с концентрацией 0,5 моль/л и провели потенциометрическое титрование раствором церий (IV) сульфата с молярной концентрацией 0,0500 моль/л. Получили следующие результаты ( $V$  – объем добавленного раствора титранта,  $E$  – ЭДС подходящего гальванического элемента):

$V, \text{ мл}$	10,00	18,00	19,80	20,00	20,20	22,00	30,00
$E, \text{ мВ}$	771	830	889	1110	1332	1391	1453

При титровании происходит единственная реакция: окисление иона металла **X**.

1. Определите соль **A**, осадок **B**, газ **C**, металл **X** и кристаллогидрат **Z**. Приведите уравнения реакций, упомянутых в задаче.
2. Как можно определить конечную точку титрования в цериметрии?
3. Постройте интегральную ( $E, \text{ мВ} - V, \text{ мл}$ ) и дифференциальную ( $\Delta E/\Delta V - V, \text{ мл}$ ) кривые потенциометрического титрования. Укажите на графиках конечную точку титрования (КТТ). Найдите объем прибавленного титранта в КТТ.
4. Определите массовую долю металла **X** в кристаллогидрате после хранения и новый состав кристаллогидрата.

## Розв'язок

1. Осад **B**, не розчинний в кислотах, –  $\text{BaSO}_4$ , газ **C** – аміак, метал **X** – ферум.

$$n(\text{BaSO}_4) = M/m = 0,466/233 = 0,002 \text{ (моль)},$$

$$n(\text{NH}_3) = PV/RT = 104,3 \cdot 0,0467/8,314 \cdot 293,15 = 0,002 \text{ (моль)}.$$

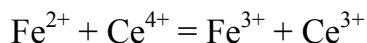
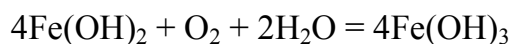
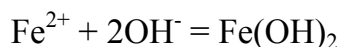
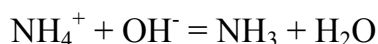
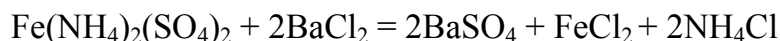
**A** –  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ , кристалогідрат **Z** –  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ,

$$M(\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2) = 284 \text{ г/моль},$$

$$M(\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 0,392/0,001 = 392 \text{ (г/моль)}.$$

Звідси знаходимо кількість молекул води:  $x = (392 - 284)/18 = 6$ .

Отже, кристалогідрат **Z** має склад  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .



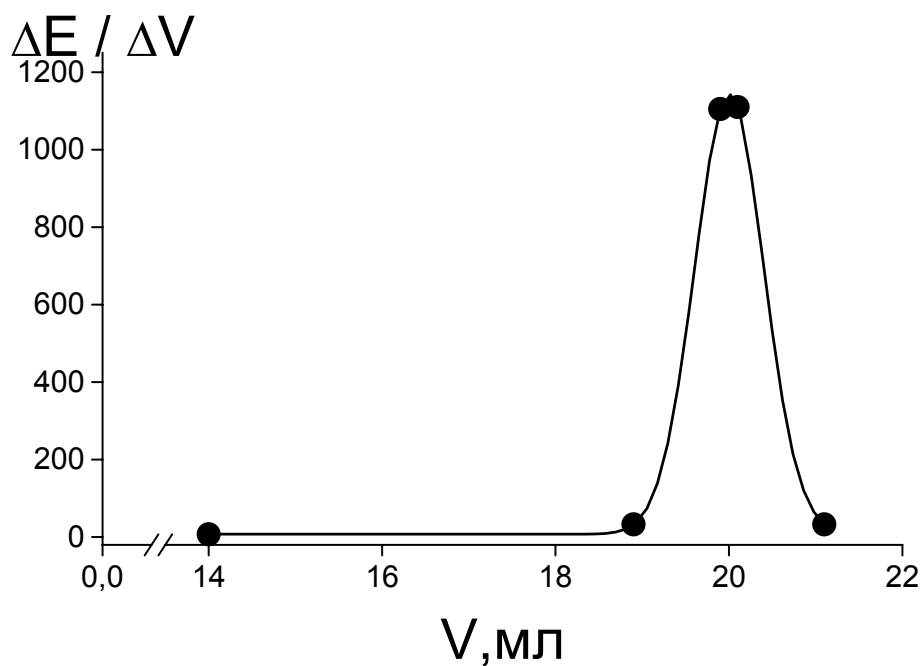
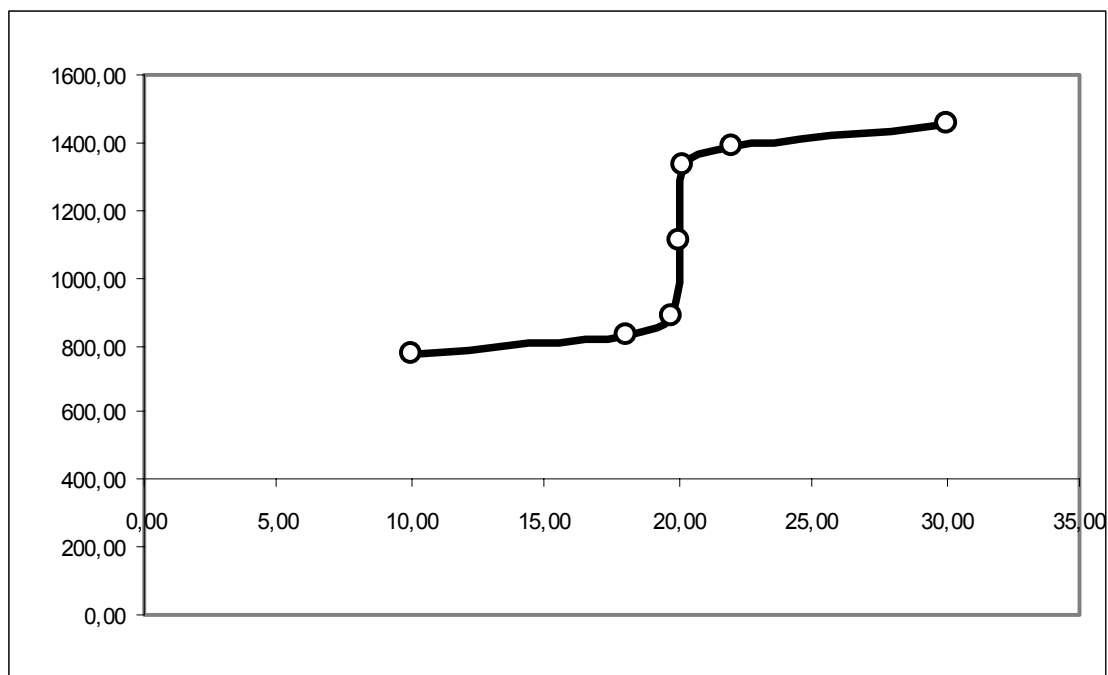
2. Кінцеву точку титрування в цериметрії визначають потенціометричним методом або за допомогою редокс-індикаторів (ферроїн, дифеніламін, 2,2'-дипіридил).

3.

V, мл	10,00	18,00	19,80	20,00	20,20	22,00	30,00
E, мВ	771	830	889	1110	1332	1391	1453

$\Delta V$ , мл	8,00	1,80	0,20	0,20	1,80	8,00
$V+0,5\Delta V$ , мл	14,00	18,9	19,9	20,1	21,1	26,0
$\Delta E$ , мВ	59	59	221	222	59	62
$\Delta E/\Delta V$ , мВ/мл	7,4	32,8	1105,0	1110,0	32,8	7,7





Об'єм у кінцевій точці титрування  $V(\text{КТТ}) = 20$  мл.

4. Масову частку феруму в зразку кристалогідрату після зберігання знаходимо за формулою:

$$w(\text{Fe}) = \frac{M(\text{Fe}^{2+}) \cdot V(\text{КТТ}) \cdot c(\text{титрант})}{m(\text{кристалогідрат})} = \frac{56 \cdot 0,02 \cdot 0,05}{0,3796} = 0,1475 = 14,75\%$$

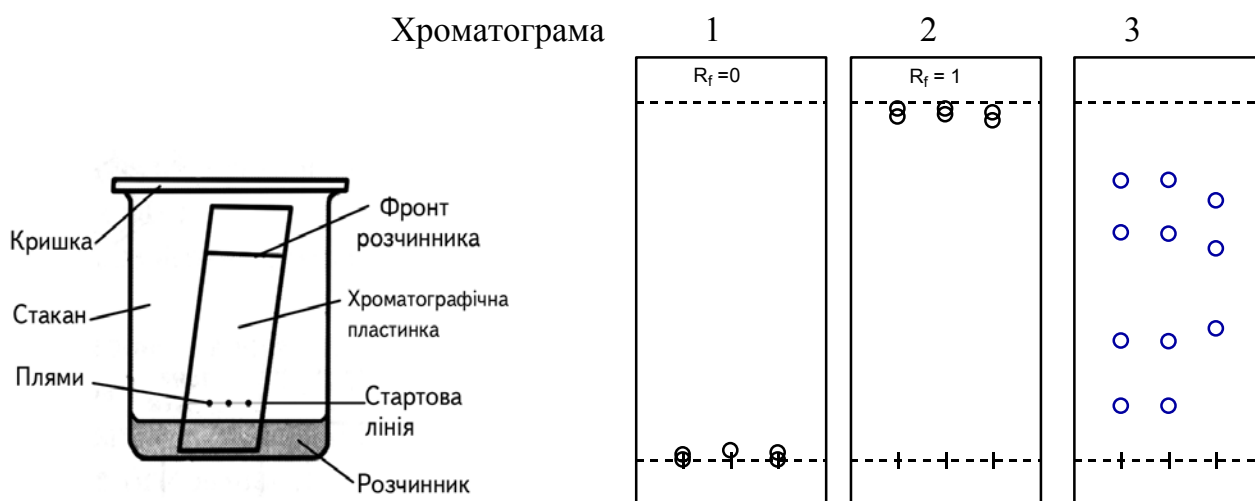
$$w(\text{Fe}) = 56 / (284 + 18 \cdot x), \text{ звідки } x = (56 - 284 \cdot w(\text{Fe})) / 2,655 = 5,3.$$

Отже, новий склад кристалогідрату –  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 5,3\text{H}_2\text{O}$ .

### Задача 5. Хроматографія

Одного разу жінка, яка тимчасово опинилася у фінансовій скруті внаслідок неможливості встояти перед черговою новинкою моди, вирішила взяти в борг 500 грн. у свого колеги по роботі. Але в розписці жінка вказала суму не літерами, а цифрами. У день зарплати героїня поспішила повернути борг кредитору, але була дуже здивована тим, що він почав вимагати повернути борг в сумі аж 5 000 грн., яка красувалася в її розписці.

Цю справу було подано до суду. Розписку передали на експертизу, яку проводили за допомогою тонкошарової хроматографії. Хімік-експерт вирізав з розписки зразки-кружечки паперу так, щоб туди потрапила частина кожної цифри «0», та розмістив їх на стартовій лінії пластинки. Край пластинки він опустил у розчинник бензол і отримав при цьому хроматограму 1. Аналогічний дослід з етанолом у якості розчинника привів до хроматограми 2. Потім він отримав хроматограму 3 з невідомим розчинником.



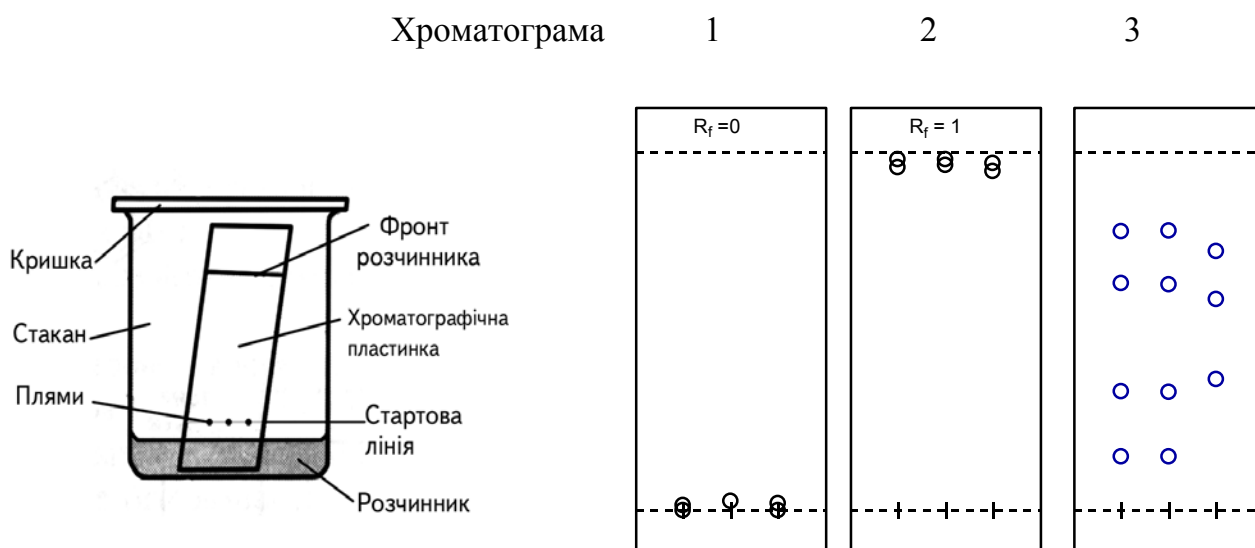
Дайте відповіді на такі питання:

1. Назвіть не менше трьох відомих вам видів хроматографії.
2. За рахунок яких сил розчинник підіймається вгору, всупереч силі тяжіння?
3. Вкажіть, який з розчинників – метанол, ацетон, тетрагідрофуран, циклопентан – використав експерт для отримання третьої хроматограми, якщо полярність розчинників зменшується в ряду:  
метанол > етанол > ацетон > тетрагідрофуран > бензол > циклопентан.
4. Яку з хроматограм використав експерт для інтерпретації та чому відкинув дві інші хроматограми?
5. Визначте найбільше та найменше значення  $R_f$  на цій хроматограмі.
6. Який висновок зробив експерт?

### Задача 5. Хроматографія

Однажды женщина, временно испытывавшая финансовые затруднения из-за невозможности устоять перед очередной новинкой моды, решила взять в долг 500 грн. у своего коллеги по работе. Но в расписке женщина указала сумму не буквами, а цифрами. В день зарплаты героиня поспешила вернуть долг своему кредитору, но была очень удивлена тем, что он потребовал вернуть долг в сумме аж 5000 грн., которая и красовалась в ее расписке.

Дело было передано в суд. Расписку передали на экспертизу, проведенную с помощью тонкослойной хроматографии. Химик-эксперт вырезал из расписки образцы-кружочки бумаги так, чтоб на них оказалась часть каждой цифры «0», и поместил их на стартовую линию пластинки. Край пластинки он опустил в растворитель бензол, при этом получил хроматограмму 1. Аналогичный опыт с этанолом в качестве растворителя привел к хроматограмме 2. Позднее он получил хроматограмму 3 с неизвестным растворителем.



Ответьте на следующие вопросы:

1. Назовите не менее трех известных вам видов хроматографии.
2. За счет каких сил растворитель поднимается вверх против силы тяготения?
3. Укажите, какой из растворителей – метанол, ацетон, тетрагидрофуран, циклопентан – использовал эксперт для получения третьей хроматограммы, если полярность растворителей уменьшается в ряду:  
метанол > этанол > ацетон > тетрагидрофуран > бензол > циклопентан.
4. Какую из хроматограмм использовал эксперт для интерпретации и почему отбросил две других?
5. Определите наибольшее и наименьшее значения  $R_f$  на этой хроматограмме.
6. Какой вывод сделал эксперт?

## Розв'язок

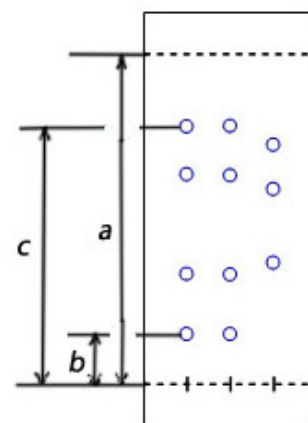
1. Тонкошарова хроматографія, іонообмінна, газова, газорідина .
2. За рахунок капілярних сил.
3. Враховуючи хроматограми 1 та 2, розчинник має бути менш полярним, ніж етанол, та більш полярним, ніж бензол. Підходять ацетон або тетрагідрофуран.
4. Третю хроматограму, оскільки на ній плями розділені.

$$R_f(\text{min}) = \frac{b}{a} = \frac{2}{12,5} = 0,16$$

5.

$$R_f(\text{max}) = \frac{c}{a} = \frac{10}{12,5} = 0,8$$

6. Висновок: чорнила, якими було написано перші два нулі, відрізняються від чорнила якими написано останній нуль.



## Задача 6. Селеноцистеїн

Останнім часом у популярній медичній літературі активно обговорюють необхідність сполук селену для нормальної життєдіяльності людини. В організмі людини селен переважно знаходиться у вигляді амінокислоти *селеноцистеїну*  $C_3H_7NO_2Se$  – близького аналогу  $\alpha$ -амінокислоти цистеїну, в якому атом сульфуру замінено на атом селену.

1. Зобразіть структурні формули цистеїну та селеноцистеїну. Врахуйте, що їх молекули мають *R*-конфігурацію.

Залишок цистеїну у пептидах має  $pK_a = 8.3$ , тоді як для залишку селеноцистеїну  $pK_a = 5.3$ .

2. Яка частка залишків цих амінокислот знаходиться в аніонній формі при фізіологічному значенні  $pH = 7.4$ ?

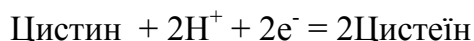
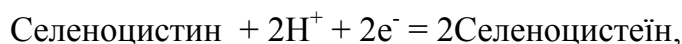
Біологічна роль селеноцистеїну визначається його здатністю легко окиснюватися з утворенням селеноцистину за такою реакцією:



Так само при окисненні цистеїну утворюється цистин.

3. Зобразіть структурні формули цистину та селеноцистину.

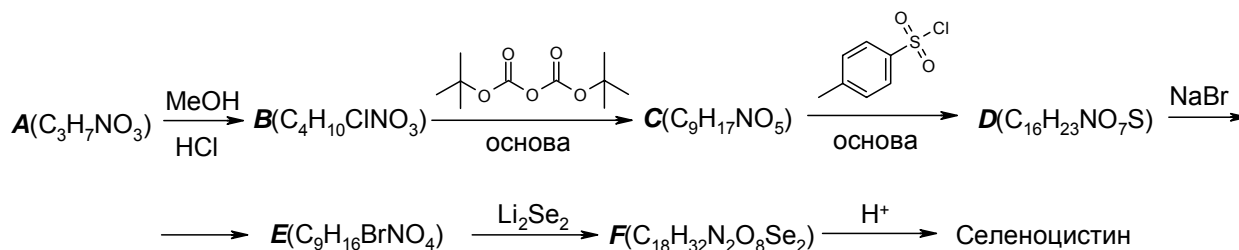
Стандартні електродні потенціали напівреакцій



складають  $-0.381$  В та  $-0.145$  В, відповідно. У пробірці змішали 1 мл  $0.02$  М розчину селеноцистеїну та 1 мл  $0.01$  М розчину цистину.

4. Встановіть концентрації селеноцистеїну та цистеїну в одержаному розчині після встановлення рівноваги при  $298$  К. Вважайте, що утворення змішаного продукту окиснення, що містить фрагменти обох згаданих амінокислот, не впливає на положення рівноваги.

Нижче наведено схему синтезу селеноцистину, виходячи з природної сполуки **A**.



5. Наведіть будову сполук **A** – **F**. Для зручності можете використати позначення  $(\text{CH}_3)_3\text{COC}(\text{O}) = \text{Boc}$ ,  $p\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2 = \text{Ts}$ .

### Задача 6. Селеноцистеїн

В последнее время в популярной медицинской литературе активно обсуждается необходимость соединений селена для нормальной жизнедеятельности человека. В организме человека селен преимущественно находится в виде аминокислоты селеноцистеина  $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{Se}$  – близкого аналога  $\alpha$ -аминокислоты цистеина, в котором атом серы заменен на атом селена.

1. Изобразите структурные формулы цистеина и селеноцистеина. Учтите, что их молекулы имеют *R*-конфигурацию.

Остаток цистеина в пептидах имеет  $\text{pK}_a = 8.3$ , тогда как для остатка селеноцистеина  $\text{pK}_a = 5.3$ .

2. Какая доля остатков этих аминокислот находится в анионной форме при физиологическом значении  $\text{pH} = 7.4$ ?

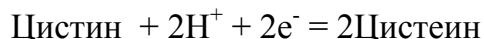
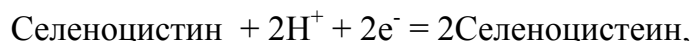
Биологическая роль селеноцистеина определяется его способностью легко окисляться с образованием селеноцистина по следующей реакции:



Таким же образом при окислении цистеина образуется цистин.

3. Приведите структурные формулы цистина и селеноцистина.

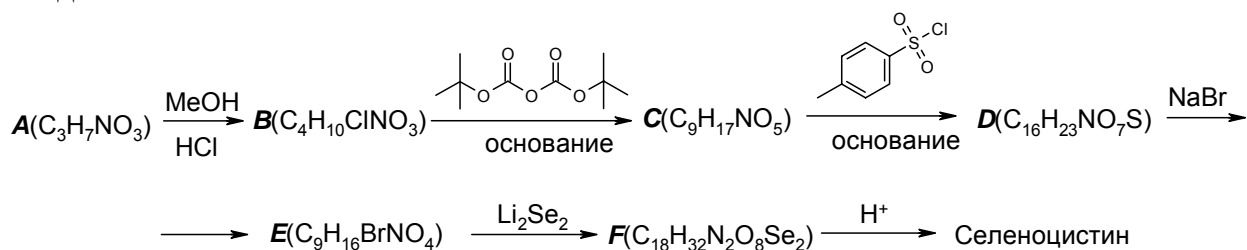
Стандартные электродные потенциалы для полуреакций



равны  $-0.381$  В и  $-0.145$  В, соответственно. В пробирке смешали 1 мл 0.02 М раствора селеноцистеина и 1 мл 0.01 М раствора цистина.

4. Установите концентрации селеноцистеина и цистеина в полученном растворе после установления равновесия при 298 К. Считайте, что образование смешанного продукта окисления, который содержит фрагменты обеих аминокислот, не влияет на положение равновесия.

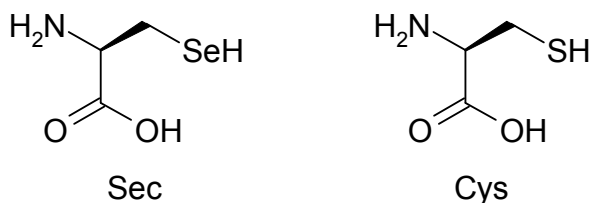
Ниже приведена схема синтеза селеноцистина, исходя из природного соединения *A*.



5. Приведите строение соединений *A* – *F*. Для удобства можете использовать обозначения  $(\text{CH}_3)_3\text{COC}(\text{O}) = \text{Woc}$ ,  $p\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2 = \text{Ts}$ .

### Розв'язок

1.



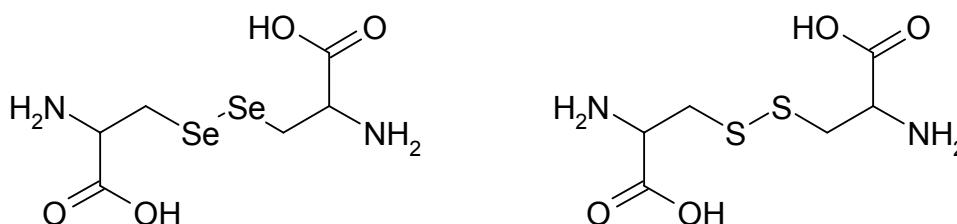
2.

$$\begin{aligned} K_a &= [\text{H}^+][\text{A}^-]/[\text{HA}], \\ [\text{A}^-]/[\text{HA}] &= K_a/[\text{H}^+] = 10^{\text{pH}-\text{p}K_a}, \\ \alpha &= [\text{A}^-]/([\text{HA}] + [\text{A}^-]) = 1/(1 + 10^{\text{p}K_a-\text{pH}}), \end{aligned}$$

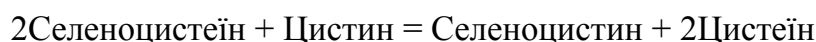
$$\alpha(\text{Sec}) = 1/(1 + 10^{5.3-7.4}) = 0.99, \text{ або } 99\%,$$

$$\alpha(\text{Cys}) = 1/(1 + 10^{8.3-7.4}) = 0.11, \text{ або } 11\%.$$

3.



4. Відбувається реакція:



Для цієї реакції

$$E_{PC} = E_{\text{Селеноцистин/Селеноцистеїн}} - E_{\text{Цистин/Цистеїн}},$$

$$E_{\text{Селеноцистин/Селеноцистеїн}} = E^0_{\text{Селеноцистин/Селеноцистеїн}} + \frac{RT}{2F} \ln \frac{[\text{Селеноцистин}]}{[\text{Селеноцистеїн}]^2}$$

$$E_{\text{Цистин/Цистеїн}} = E^0_{\text{Цистин/Цистеїн}} + \frac{RT}{2F} \ln \frac{[\text{Цистин}]}{[\text{Цистеїн}]^2}.$$

У стані рівноваги  $E_{PC} = 0$ , тобто

$$E^0_{\text{Селеноцистин/Селеноцистеїн}} + \frac{RT}{2F} \ln \frac{[\text{Селеноцистин}]}{[\text{Селеноцистеїн}]^2} = E^0_{\text{Цистин/Цистеїн}} + \frac{RT}{2F} \ln \frac{[\text{Цистин}]}{[\text{Цистеїн}]^2},$$

$$\frac{RT}{2F} \ln \frac{[\text{Селеноцистин}][\text{Цистеїн}]^2}{[\text{Селеноцистеїн}]^2 [\text{Цистин}]^2} = E^0_{\text{Цистин/Цистеїн}} - E^0_{\text{Селеноцистин/Селеноцистеїн}} =$$

$$= -0.145 - (-0.381) = 0.236 \text{ (В)},$$

$$\frac{[\text{Селеноцистин}][\text{Цистеїн}]^2}{[\text{Селеноцистеїн}]^2 [\text{Цистин}]^2} = 9.6 \cdot 10^7.$$

Це означає, що рівновага наведеної вище реакції практично повністю зсунута вправо. Отже, в стані рівноваги (враховуючи розведення розчину вдвічі!)

$$[\text{Цистеїн}] \approx 0.01 \text{ М.}$$

Оскільки в початковій суміші не були присутні селеноцистин та цистеїн, то їх концентрації зв'язані рівнянням

$$2[\text{Селеноцистин}] = [\text{Цистеїн}].$$

А оскільки початкове співвідношення кількостей речовини селеноцистеїну та цистину становило 2 : 1, то

$$2[\text{Цистин}] = [\text{Селеноцистеїн}].$$

Отже,

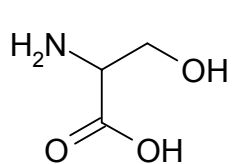
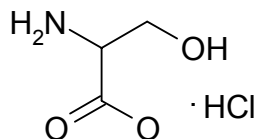
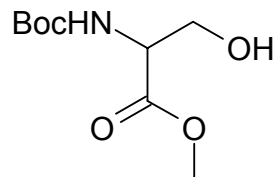
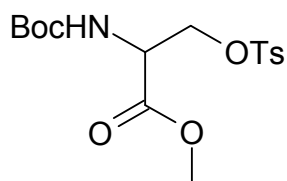
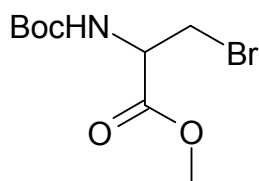
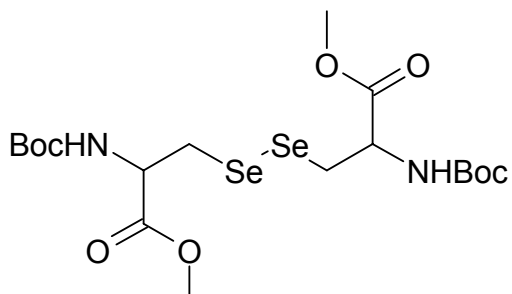
$$\frac{[\text{Селеноцистин}][\text{Цистеїн}]^2}{[\text{Селеноцистеїн}]^2 [\text{Цистин}]^2} = 9.6 \cdot 10^7,$$

$$[\text{Цистеїн}]^3 / [\text{Селеноцистеїн}]^3 = 9.6 \cdot 10^7,$$

$$[\text{Цистеїн}] / [\text{Селеноцистеїн}] = 460,$$

$$[\text{Селеноцистеїн}] = [\text{Цистеїн}] / 460 = 2.2 \cdot 10^{-5} \text{ M.}$$

5.

**A****B****C****D****E****F**



## 11 клас

## II тур

**Задача 1. Газы**

Як відомо, абсолютно необоротних процесів у природі не існує. Наприклад, якщо «стійкий» за звичайних умов оксид феруму (II) нагріти до 1000 К, то рівноважний тиск кисню над цією сполукою становитиме  $4,13 \cdot 10^{-16}$  Па.

1. Розрахуйте значення константи рівноваги ( $K_p$ ) цієї реакції та стандартну енергію Гіббса процесу за вказаної температури.

В рівноважній суміші CO та CO<sub>2</sub> над FeO при 1000 К та нормальному атмосферному тиску міститься 43 мол.% CO<sub>2</sub>.

2. Розрахуйте значення відповідної константи рівноваги процесу ( $K_p$ ).

3. Виходячи з наведених в пп. 1 і 2 даних, оцініть ступінь дисоціації вуглекислого газу за цих умов.

4. Чи достатньо в задачі даних для того, щоб оцінити ступінь дисоціації CO<sub>2</sub> при тиску 10 атм? А при температурі 700 К? Якщо так, то розрахуйте відповідні значення, а якщо ні – поясніть, яких саме даних не вистачає.

5. Як змінюється ступінь дисоціації CO<sub>2</sub> при зростанні тиску? Відповідь обґрунтуйте.

**Задача 1. Газы**

Как известно, абсолютно необратимых процессов в природе не существует. Например, если «устойчивый» при обычных условиях оксид железа (II) нагреть до 1000 К, то равновесное давление кислорода над этим соединением составит  $4,13 \cdot 10^{-16}$  Па.

1. Рассчитайте значение константы равновесия ( $K_p$ ) этой реакции и стандартную энергию Гиббса процесса при указанной температуре.

В равновесной смеси CO и CO<sub>2</sub> над FeO при 1000 К и нормальном атмосферном давлении содержится 43 мол.% CO<sub>2</sub>.

2. Рассчитайте значение соответствующей константы равновесия процесса ( $K_p$ ).

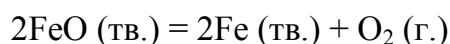
3. Исходя из приведенных в пп. 1 и 2 данных, оцените степень диссоциации углекислого газа при этих условиях.

4. Достаточно ли в задаче данных для того, чтобы оценить степень диссоциации  $\text{CO}_2$  при давлении 10 атм? А при температуре 700 К? Если да, то рассчитайте соответствующие значения, а если нет – объясните, каких именно данных не хватает.

5. Как изменяется степень диссоциации  $\text{CO}_2$  при увеличении давления? Ответ обоснуйте.

### Розв'язок

1. За цих умов:



$$K_{P1} = P_{\text{O}_2} = \frac{4,13 \cdot 10^{-16}}{1,013 \cdot 10^5} = 4,08 \cdot 10^{-21},$$

$$\Delta G^\circ_1 = -RT \ln K_{P1} = -8,314 \cdot 10^3 \cdot \ln 4,08 \cdot 10^{-21} = 390,3 \text{ кДж}$$

2.  $\text{FeO (тв.)} + \text{CO (г.)} = \text{Fe (тв.)} + \text{CO}_2 (\text{г.})$

$$K_{P2} = \frac{P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{CO}}} = \frac{\chi_{\text{CO}_2}}{\chi_{\text{CO}}} = \frac{0,43}{0,57} = 0,754$$

3. Рівняння дисоціації  $\text{CO}_2$



Вільна енергія Гіббса є функцією стану системи. Отже, її зміна в ході реакції визначається лише початковим і кінцевим станами системи і не залежить від того, яким чином досягнуто кінцевого стану. Значення стандартної  $\Delta G^\circ$  будь-якої реакції можна отримати аналогічно значенням  $\Delta H^\circ$ , а саме: отримавши потрібне хімічне рівняння з інших формально-алгебраїчним шляхом, таку саму процедуру проводять з відповідною функцією стану. Тоді, для реакції (3):

$$\Delta G^\circ_3 = \Delta G^\circ_1 - 2\Delta G^\circ_2;$$

відповідно, для константи рівноваги маємо  $K_{P3} = \frac{K_{P1}}{K_{P2}^2}$ ;  $K_{P3} = 7,18 \cdot 10^{-21}$ .

Записуємо вираз для константи рівноваги через ступінь дисоціації  $\alpha$ :

$$K_{P3} = \frac{\alpha^3}{2 \cdot (1 - \alpha)^2 (1 + \alpha/2)} P_{\text{заг}} = 7,18 \cdot 10^{-21}.$$

Враховуючи малу величину константи рівноваги, можемо знехтувати в знаменнику величиною  $\alpha$  у порівнянні з 1. Тоді

$$\alpha = \sqrt[3]{\frac{2K_{P3}}{P_{\text{заг}}}} = 2,43 \cdot 10^{-7}.$$

4. При тиску 10 атм  $\alpha = \sqrt[3]{\frac{2K_{P3}}{P_{заг}}} = 1,13 \cdot 10^{-7}$ , тобто зменшиться у повній

відповідності з принципом Ле-Шательє.

Для того щоб оцінити ступінь дисоціації  $\text{CO}_2$  при іншій температурі, слід знати стандартну ентальпію реакції в даному інтервалі температур.

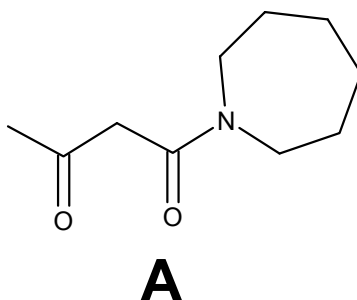
5. При зростанні тиску ступінь дисоціації зменшується, оскільки, відповідно до принципу Ле-Шательє, за цих умов реакція перебігатиме в напрямку зменшення об'єму системи.

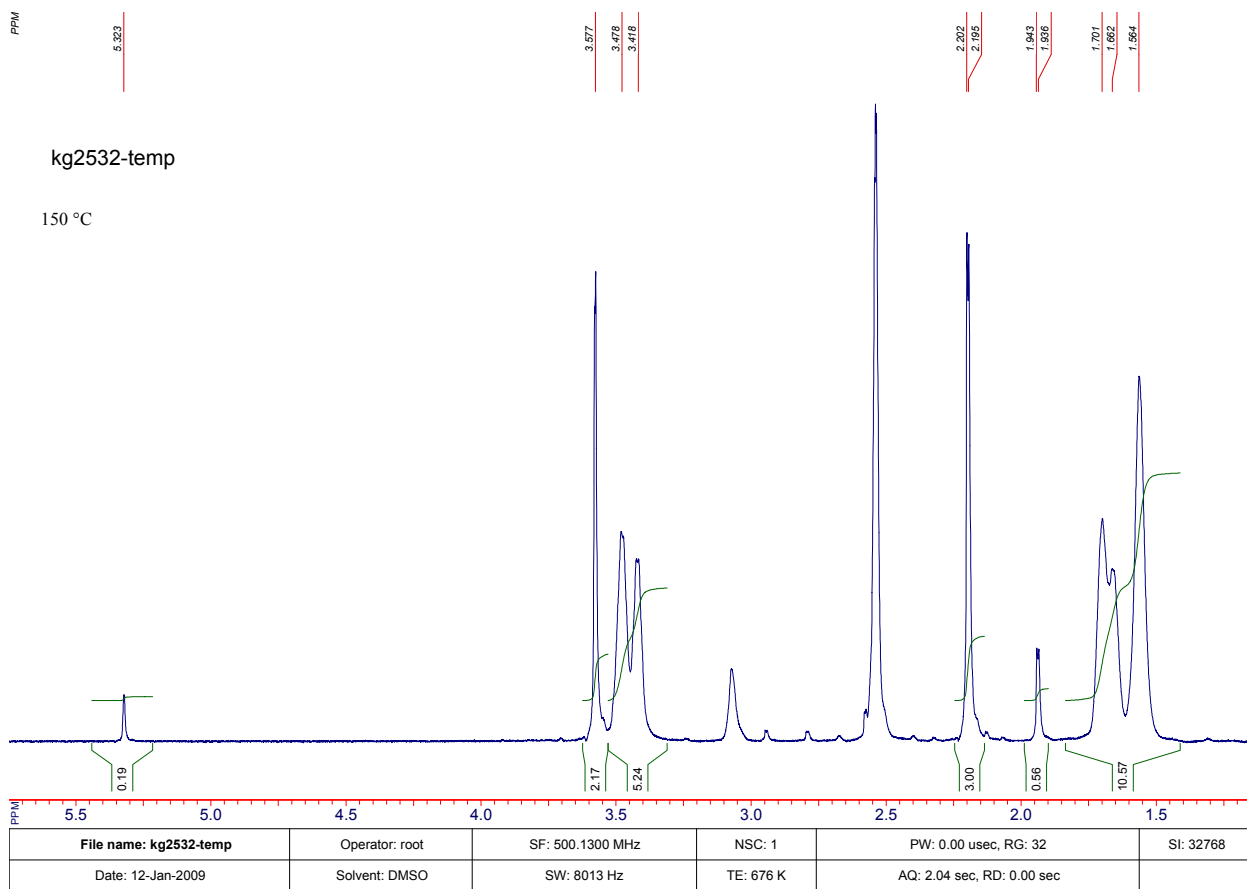
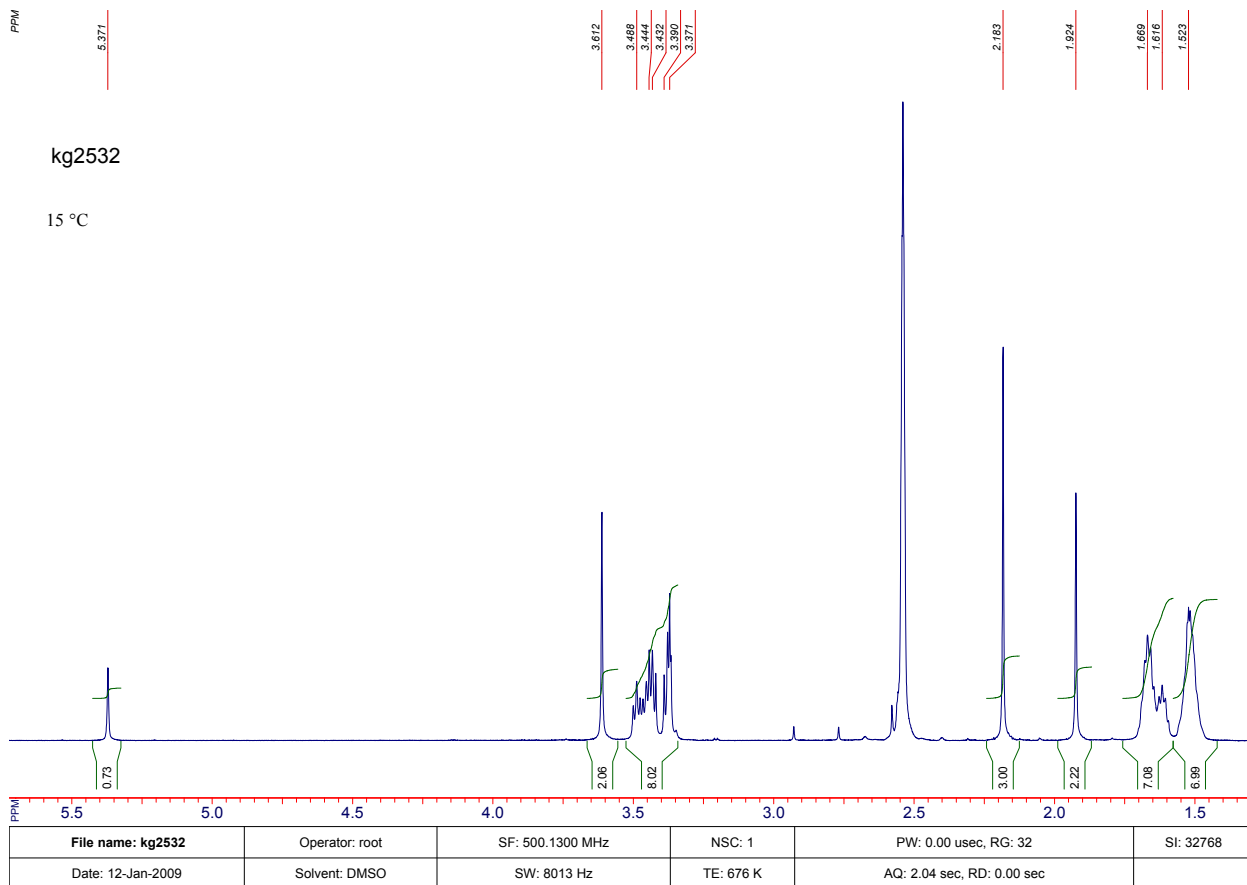
### Задача 2. Кето-сольна рівновага

Відомо, що карбонільні сполуки в розчині можуть перебувати у двох формах – кетонній ( $-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O}$ ) та сольній ( $-\text{CH}=\text{C}-\text{OH}$ ).

Рівновага між цими двома формами карбонільних сполук грає дуже важливу роль в біохімічних процесах та при проведенні хімічних реакцій. Для її дослідження широко використовують метод спектроскопії ЯМР.

Нижче наведено спектри розчину сполуки **A** в дейтерованому диметилсульфоксиді ( $\text{DMSO-d}_6$ ), виміряні при  $15^\circ\text{C}$  та  $150^\circ\text{C}$ :





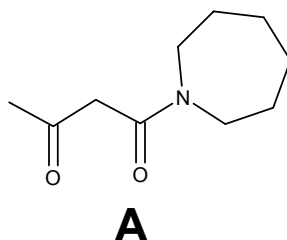
1. Запишіть рівняння кето-енольної рівноваги для цієї сполуки та вираз для розрахунку константи рівноваги  $K$ .
2. Віднесіть основні сигнали в спектрах ПМР розчину сполуки **A**.
3. Розрахуйте співвідношення кетонної та енольної форм цієї сполуки при обох температурах та значення констант рівноваги (якщо ви не змогли розрахувати це співвідношення зі спектрів, прийміть, що  $\frac{[-\text{CH}=\text{C}-\text{OH}]}{[-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O}]} = 0,3$  та 0,8 при 150°C та 15°C відповідно).
4. Обчисліть стандартну ентальпію цієї реакції.

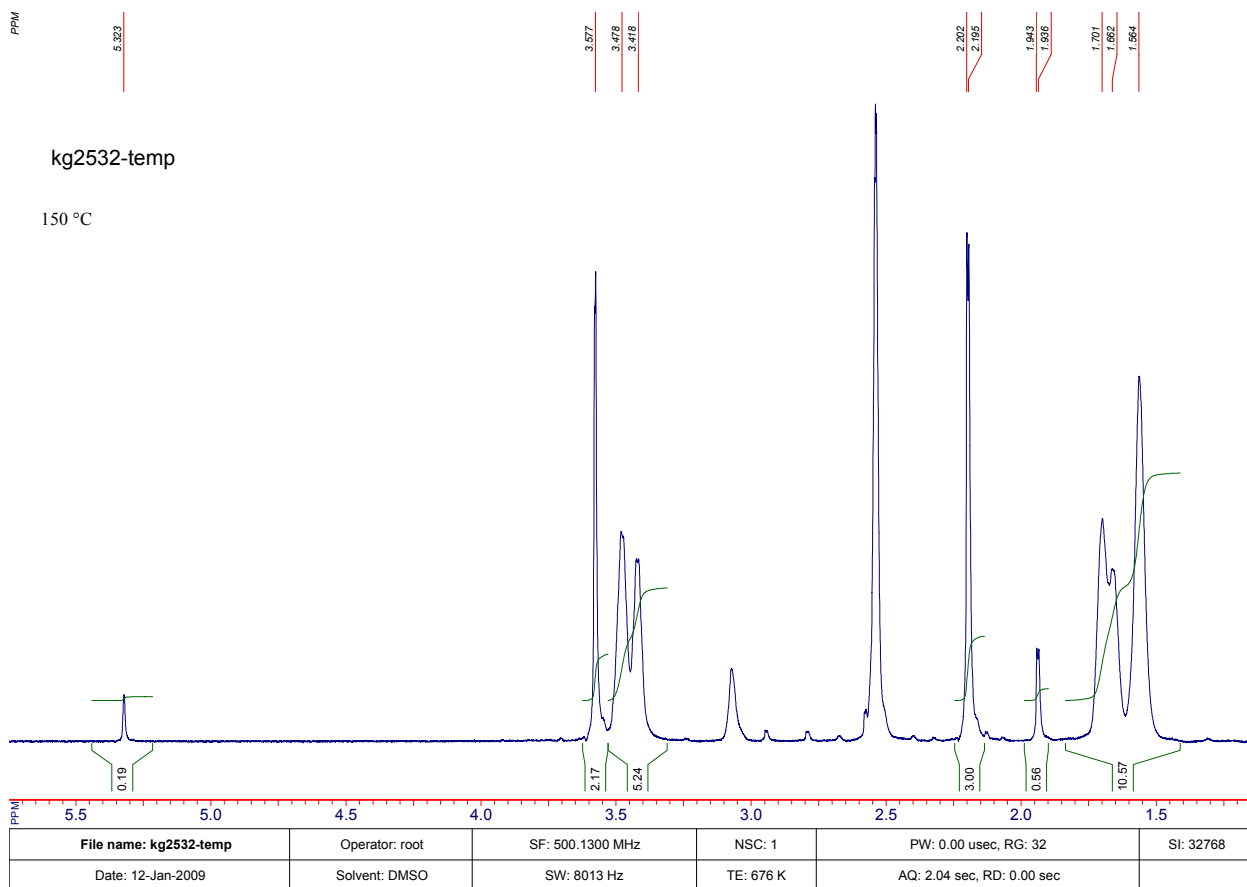
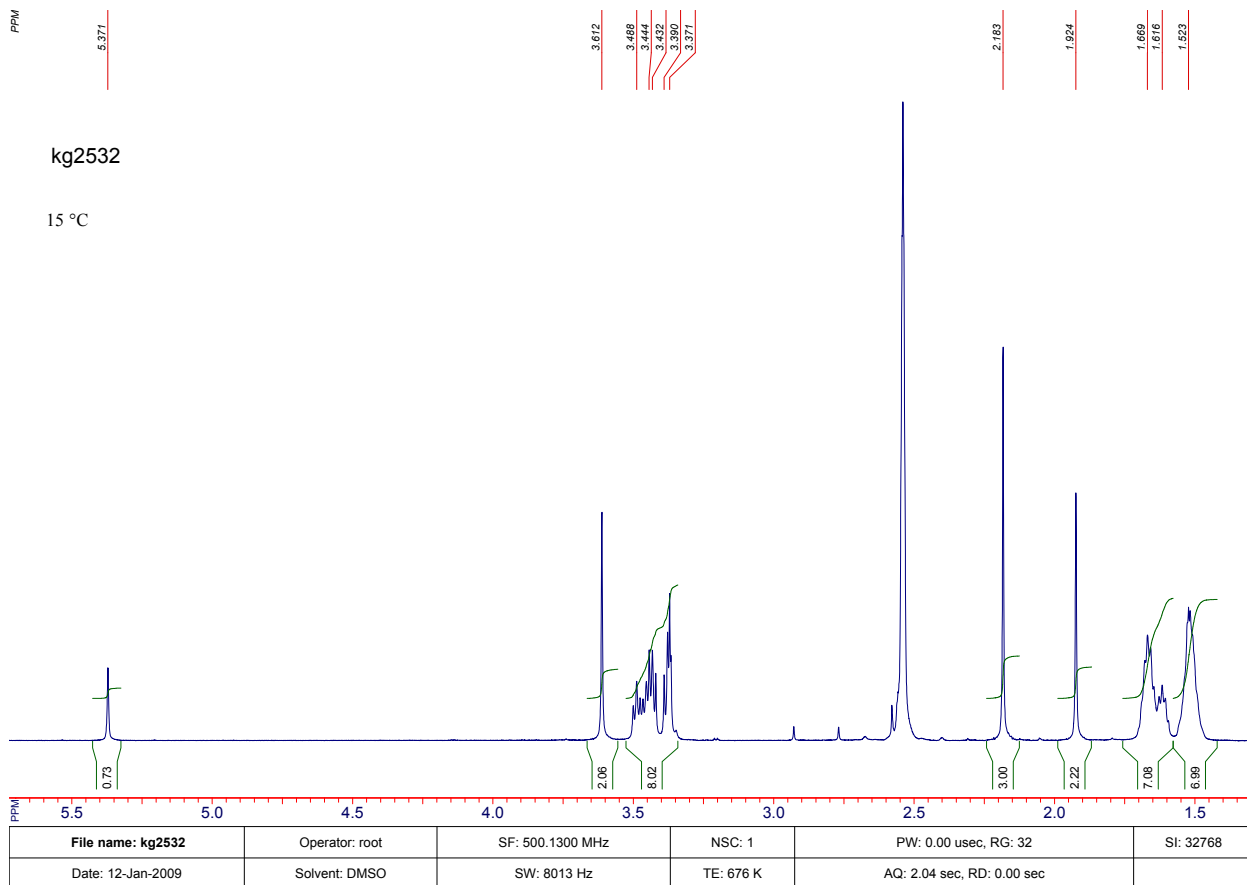
### Задача 2. Кето-енольное равновесие

Известно, что карбонильные соединения в растворе могут существовать в двух формах – кетонной ( $-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O}$ ) и енольной ( $-\text{CH}=\text{C}-\text{OH}$ ). Равновесие между этими двумя формами карбонильных соединений играет очень важную роль в биохимических процессах и при проведении химических реакций.

Для его исследования широко применяют метод спектроскопии ЯМР.

Ниже приведены спектры раствора соединения **A** в дейтерированном диметилсульфоксиде ( $\text{DMSO-d}_6$ ), измеренные при 15°C и 150°C:





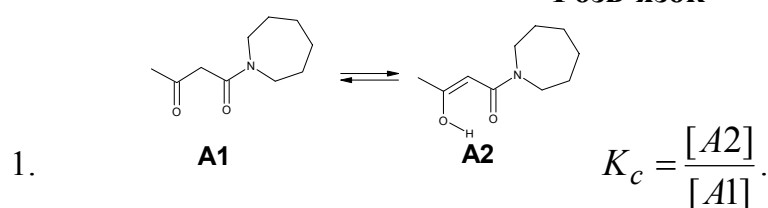
1. Напишите уравнение кето-енольного равновесия для этого соединения и уравнение для расчета константы равновесия  $K$ .

2. Отнесите основные сигналы в спектрах ПМР раствора соединения **A**.

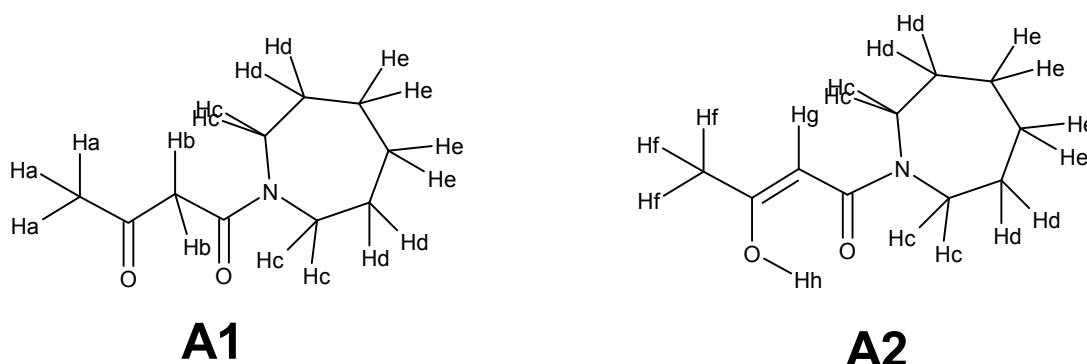
3. Рассчитайте соотношение кетонной и енольной форм этого соединения при обеих температурах и значения констант равновесия (если вы не смогли рассчитать это соотношение из спектров, примите, что  $\frac{[-\text{CH}=\text{C}-\text{OH}]}{[-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O}]} = 0,3$  и 0,8 при 150°C и 15°C соответственно).

4. Рассчитайте стандартную энтальпию этой реакции.

## Розв'язок



2.



	H <sub>a</sub>	H <sub>b</sub>	H <sub>c</sub>	H <sub>d</sub>	H <sub>e</sub>	H <sub>f</sub>	H <sub>g</sub>	H <sub>h</sub>
15°C	2,183	3,612	3,488- 3,371	1,659 – 1,523		1,924	5,371	>14
150°C	2,198	3,577	3,478, 3,418	1,701 – 1,564		1,940	5,323	>14

3. Співвідношення **A1/A2** можна розрахувати як співвідношення інтегральних інтенсивностей сигналів H<sub>a</sub> та H<sub>g</sub>, нормованих на кількість протонів:

$$\frac{[A2]}{[A1]} = \frac{I(H_g)/N(H_g)}{I(H_a)/N(H_a)} = \frac{3I(H_g)}{I(H_a)}$$

	[A1]/[A2]
15°C	0,73
150°C	0,19

4.

	К (зі спектрів)	К (за наданими в умові значеннями)
15°C	0,73	0,8
150°C	0,19	0,3

5. Стандартну ентальпію реакції можна розрахувати, використавши рівняння Вант-Гоффа:

$$\ln \frac{K_{T_2}}{K_{T_1}} = \frac{\Delta H}{R} \left( \frac{T_2 - T_1}{T_1 \cdot T_2} \right) \Rightarrow \Delta H = R \cdot \ln \frac{K_{T_2}}{K_{T_1}} \cdot \left( \frac{T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1} \right)$$

Звідки  $\Delta H = 8.314 \cdot \left( \frac{288.15 \cdot 423.15}{150 - 15} \right) \ln \frac{0.19}{0.73} = -10,11 \text{ кДж/моль}$  (за

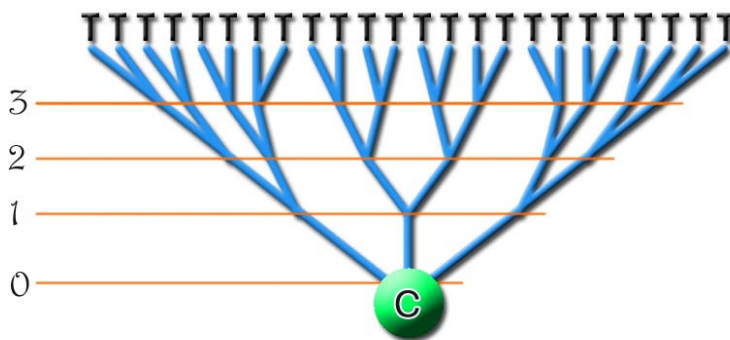
експериментальними даними),  $\Delta H = 8.314 \cdot \left( \frac{288.15 \cdot 423.15}{150 - 15} \right) \ln \frac{0.3}{0.8} = -7,37 \text{ кДж/моль}$

(за наданими в умові значеннями).

### Задача 3. Дендримери

Можливість існування особливого виду полімерів – дендримерів – ще в 1952 році показав Пол Флорі, лауреат Нобелівської премії 1974 р., присудженої «за фундаментальні досягнення в царині теорії та практики фізичної хімії макромолекул». Хімія дендримерів протягом останнього часу бурхливо розвивається. Ці полімери мають ряд цікавих властивостей, наприклад, можуть використовуватися як ефективні катализатори або бути переносниками біологічно-активних речовин в організмі, тощо.

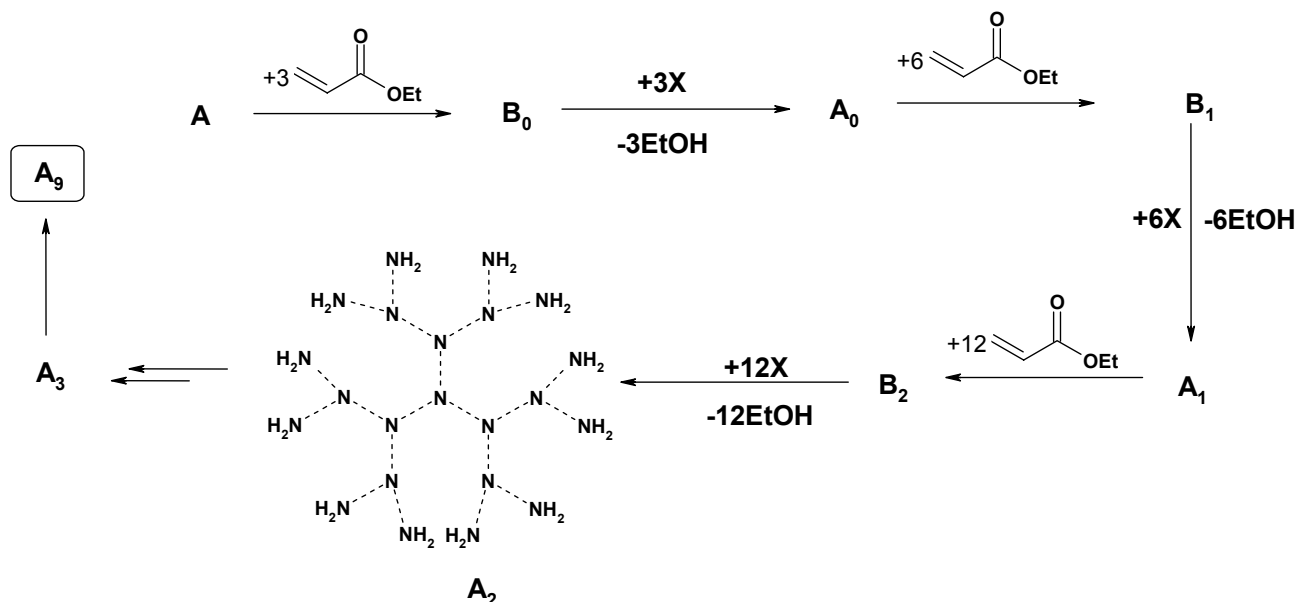
Дендримери (dendro (лат.) – дерево) – це суперрозгалужені полімери, схожі на дерево. Вони починають рости з центру (С) і потім розгалужуються як гілки дерева, на кожному етапі даючи все більше гілок, кількість яких зростає в геометричній прогресії.



С – центр, 0,1,2,3 – покоління розгалуження, Т – термінальна (кінцева) група.



Дендримери зазвичай добувають методами контрольованого багатоступінчастого синтезу. Синтез деякого дендримеру  $A_9$  розпочинається з газу  $A$  (легший за повітря) і здійснюється за допомогою низки однотипних реакцій:



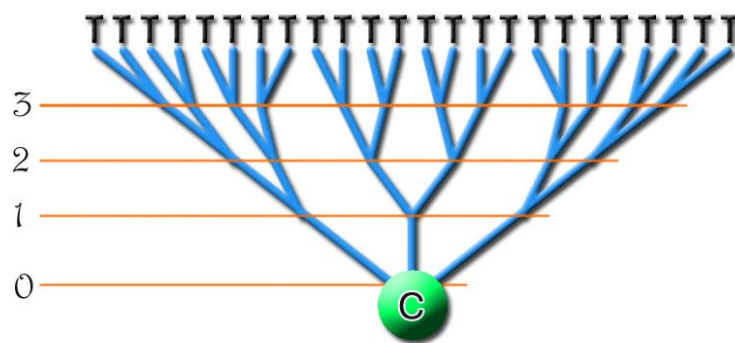
Речовина  $A_1$  в мас-спектрі має молекулярний пік ( $M^+$ ) = 1043 m/z, а речовина  $X$  в ПМР спектрі має 2 сигнали.

1. Розшифруйте речовини  $X$ ,  $A$ ,  $A_0$ ,  $B_0$ .
2. Наведіть механізм взаємодії  $A$  з етилакрилатом з утворенням речовини  $B_0$ .
3. Чому дорівнює ступінь полімеризації (число одиниць, що повторюються) дендримеру  $A_7$ ?
4. Розрахуйте об'єм 0,600 М розчину  $HCl$ , необхідний для повної нейтралізації 0,0002 моль дендримеру  $A_9$ , враховуючи, що 4,17% термінальних груп  $A_8$  в наслідок стеричних перешкод не прореагували з етилакрилатом. Вважайте, що іон  $H^+$  протонує лише  $-NH_2$  групи.

### Задача 3. Дендримеры

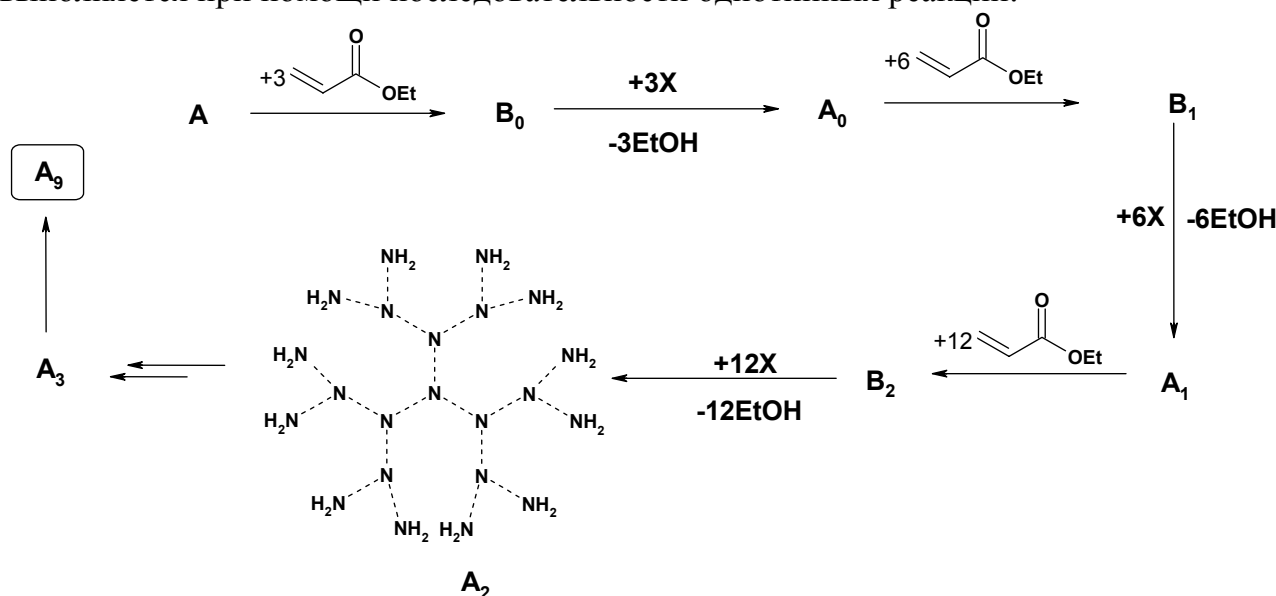
Возможность существования особенного вида полимеров – дендримеров – еще в 1952 году показал Пол Флори, лауреат Нобелевской премии 1974 г., присужденной «за фундаментальные достижения в области теории и практики физической химии макромолекул». Химия дендримеров в последнее время бурно развивается. Эти полимеры имеют ряд интересных свойств, например, могут использоваться как эффективные катализаторы, быть переносчиками биологически активных веществ в организме и т.д.

Дендримеры (dendro (лат.) – дерево) – суперразветвленные полимеры похожие на дерево. Они начинают расти от центра (С) и потом разветвляются как ветки дерева, на каждом этапе давая все больше веток, число которых возрастает в геометрической прогрессии.



С – центр, 0,1,2,3 – поколение разветвления, Т – терминальная (конечная) группа.

Дендримеры обычно получают методами контролируемого многоступенчатого синтеза. Синтез некоторого дендримера  $A_9$  начинается из газа А (легче воздуха) и выполняется при помощи последовательности однотипных реакций:



Вещество  $A_1$  в масс-спектре имеет молекулярный пик ( $M^+$ ) = 1043 m/z, а вещество X в ПМР спектре имеет 2 сигнала.

1. Расшифруйте вещества X, A,  $A_0$ ,  $B_0$ .
2. Приведите механизм взаимодействия А с этилакрилатом с образованием вещества  $B_0$ .
3. Чему равна степень полимеризации (число повторяющихся единиц) дендримера  $A_7$ ?
4. Рассчитайте объем 0,600 М раствора HCl, необходимый для полной нейтрализации 0,0002 моль дендримера  $A_9$ , учитывая то, что 4,17%

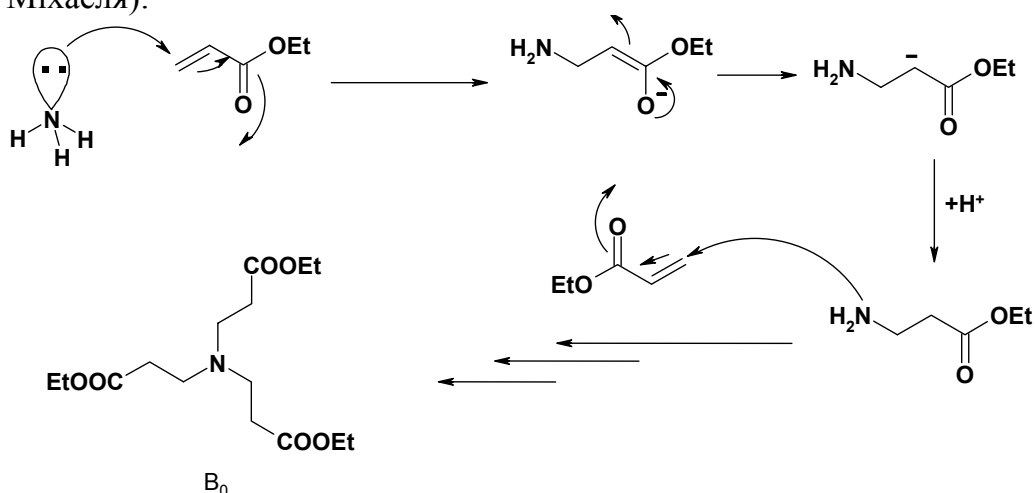
терминальных групп  $A_8$  из-за стерических препятствий не прореагировали с этилакрилатом. Считайте, что ион  $H^+$  протонирует только  $-NH_2$  группы.

### Розв'язок

1-2. Почнемо з речовини  $A_1$ : вона на генерацію молодша за  $A_3$ , тому має 6 аміногруп, 4 атоми нітрогену та 9 ланок. Отже, ми можемо знайти молярну масу ланки за даними мас-спектру:

$$6 \cdot 16 + 4 \cdot 14 + 9 \cdot x = 1043 \Rightarrow x = 99 \text{ г/моль.}$$

Газ А виступає ядром дендримеру, тоді це  $-NX_3$ . Оскільки він легший за повітря, це аміак  $NH_3$ . Аміак взаємодіє з трьома еквівалентами этилакрилату (конденсація Міхаеля):



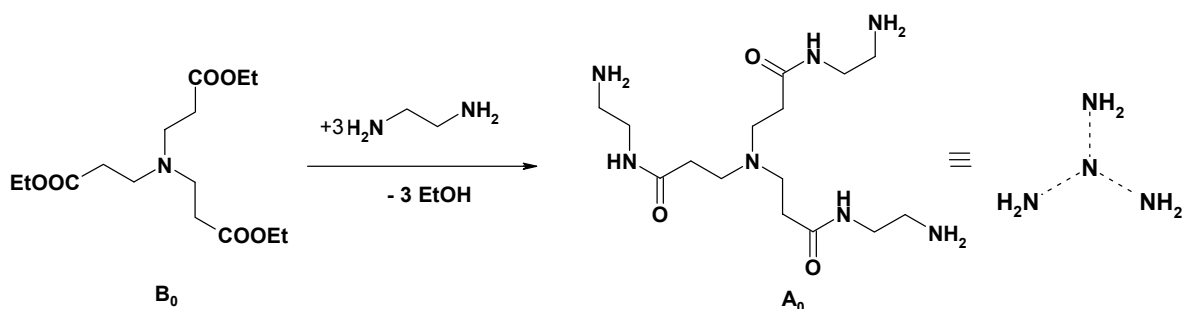
Оскільки побічним продуктом другої реакції є етиловий спирт, формулу речовини X можна записати як:  $H-???-NH_2$ , тоді ланцюг має формулу  $-CH_2CH_2CO-???$ . Визначимо молярну масу «???»:

$$M(???) = 99 - 14 - 14 - 28 = 43 \text{ (г/моль).}$$

Оскільки X має 2 сигнали в ПМР-спектрі, скоріше за все, це діамін, а залишок 28 г/моль припадає на  $-CH_2CH_2-$ .

Отже, X – це  $H_2N-CH_2-CH_2-NH_2$ .

Тоді  $A_0$ :



Всі наступні реакції проходять аналогічно.

3. Ступінь полімеризації – це кількість ланок, що повторюються. В  $A_0$  ступінь полімеризації 3, на другій стадії з'являються 6 термінальних ланок ( $A_1$ ), на третій – 12 ( $A_2$ ).

Таким чином, для  $A_7$  ступінь полімеризації

$$\begin{aligned} n &= 3 + 3 \cdot 2 + 3 \cdot 2^2 + 3 \cdot 2^3 + 3 \cdot 2^4 + 3 \cdot 2^5 + 3 \cdot 2^6 + 3 \cdot 2^7 = \\ &= 3 \cdot (1 + 2 + 2^2 + 2^3 + 2^4 + 2^5 + 2^6 + 2^7) = \\ &= 3 \cdot (2^8 - 1) = 765 \end{aligned}$$

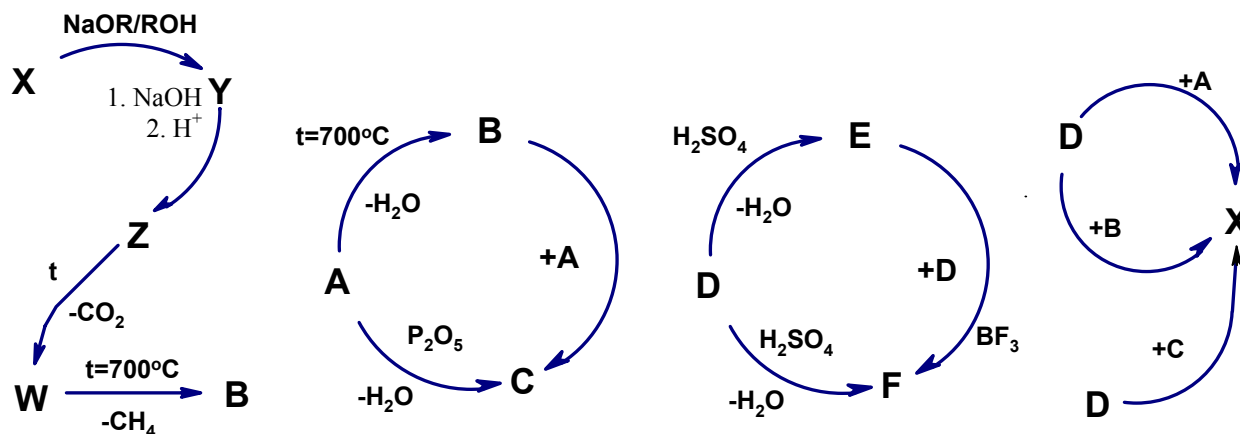
4.  $A_0$  має 3 термінальні групи,  $A_1 - 6 (=3 \cdot 2)$ ,  $A_2 - 12 (=3 \cdot 2^2)$ ,  $A_3 - 24 (=3 \cdot 2^3)$ . Тоді  $A_8$  має  $3 \cdot 2^8 = 768$  груп, з них далі прореагувало  $N(-NH_2) = 768 \cdot (1 - 0,0417) = 736$  груп, і залишилося 32 аміногрупи, що не прореагували. На наступній генерації кількість аміногруп (736) подвоїлася і досягла 1472, а загальна кількість аміногруп становить  $1472 + 32 = 1504$ .

Отже, з одним еквівалентом  $A_8$  прореагує 1504 еквіваленти HCl, тобто HCl необхідно  $1504 \cdot 0,0002 = 0,3008$  (моль),

$$V(HCl) = \frac{\nu(HCl)}{C_M(HCl)} = \frac{0,3008}{0,6} = 0,5013 \text{ л} = 501,3 \text{ мл}.$$

## Задача 4. Перетворення-2009

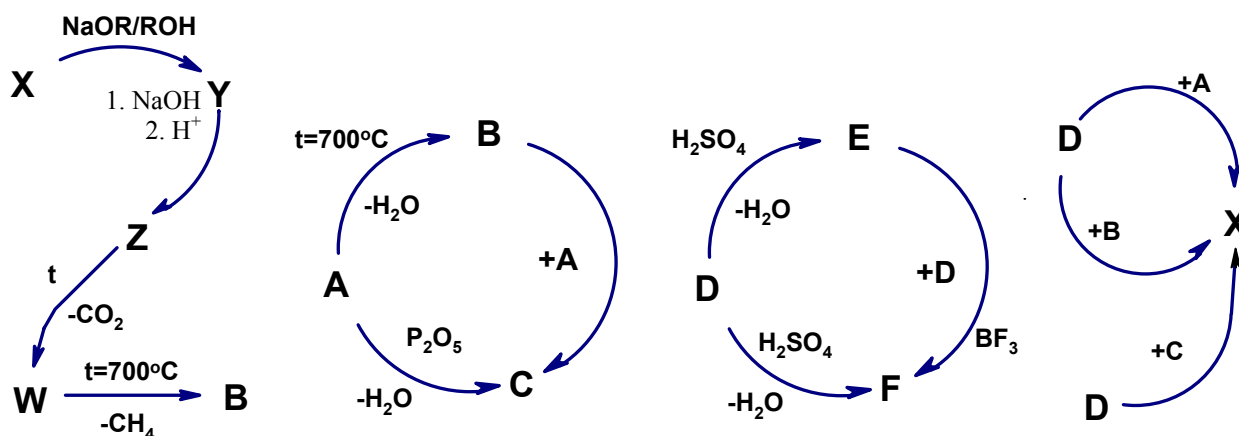
Речовини В та Е є газоподібними та мають за однакових умов однакову густину. Рідина W дає один сигнал в ПМР спектрі. При відновленні W утворюється D.



1. Визначте невідомі сполуки А–F, W, X, Y, Z.
2. Які алкоголят натрію та спирт слід використовувати в перетворенні  $\text{X} \rightarrow \text{Y}$ , щоб уникнути утворення зайвих продуктів?
3. Яка з речовин А–С швидше реагує з речовиною D?
4. Чи однакові густини парів речовин А та D?
5. Наведіть 2 принципово різних реакції відновлення W в D.
6. Наведіть механізм декарбоксілювання  $\text{Z} \rightarrow \text{W}$ .
7. Які речовини можуть утворитися при нагріванні суміші В та Е?
8. В якому з двох перетворень,  $\text{D} \rightarrow \text{E}$  чи  $\text{D} \rightarrow \text{F}$ , необхідне сильніше нагрівання?

## Задача 4. Превращение-2009

Вещества В и Е газообразные и имеют в одинаковых условиях одинаковую плотность. Жидкость W имеет один сигнал в ПМР спектре. При восстановлении W образуется D.

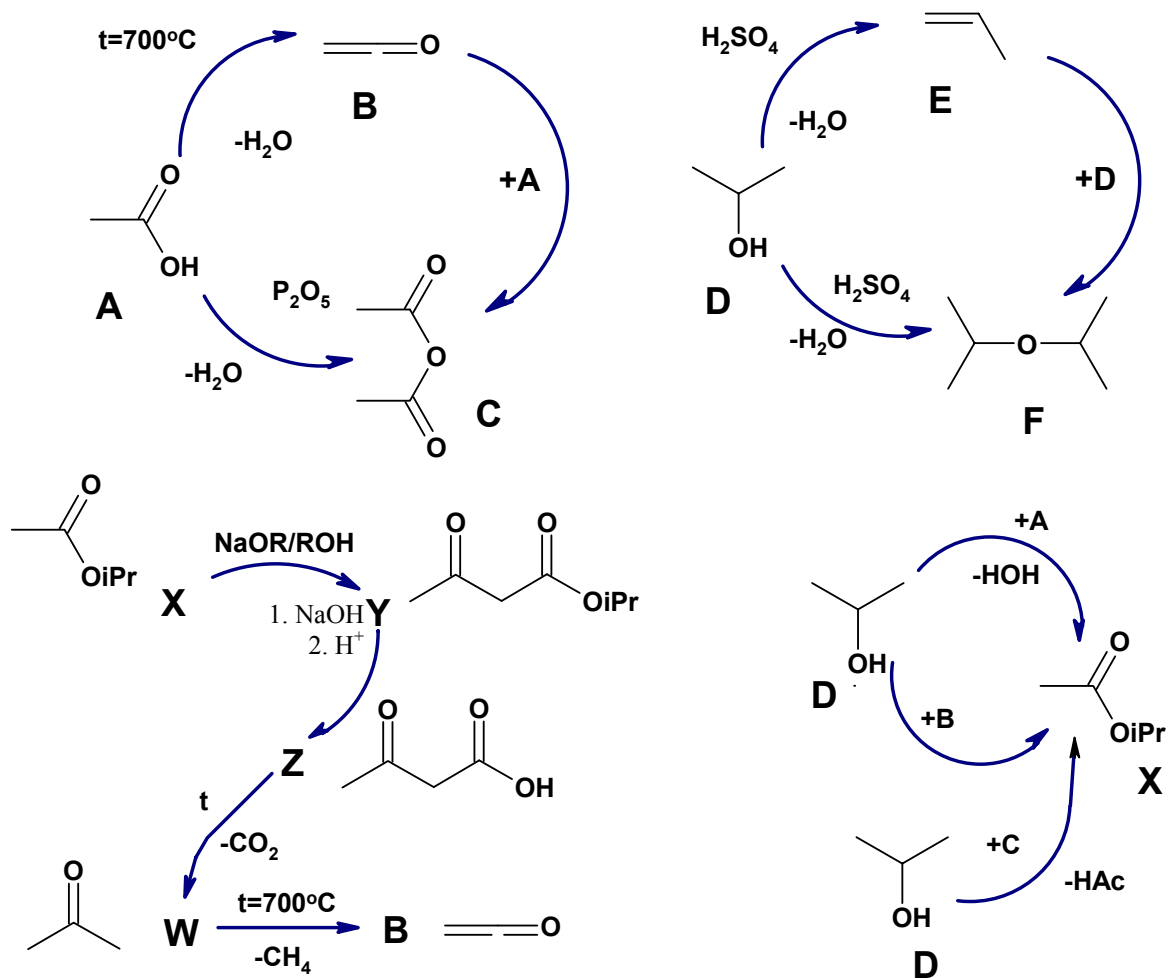


1. Определите неизвестные вещества А–F, W, X, Y, Z.
2. Какие алкоголят натрия и спирт необходимо использовать в превращении  $X \rightarrow Y$ , чтобы избежать образования лишних продуктов?
3. Какое из веществ А–С быстрее реагирует с веществом D?
4. Одинаковы ли плотности паров веществ А и D?
5. Напишите 2 принципиально различные реакции восстановления W в D.
6. Приведите механизм декарбоксилирования  $Z \rightarrow W$ .
7. Какие вещества могут образоваться при нагревании смеси В и E?
8. В каком из двух превращений,  $D \rightarrow E$  или  $D \rightarrow F$ , необходимо более сильное нагревание?

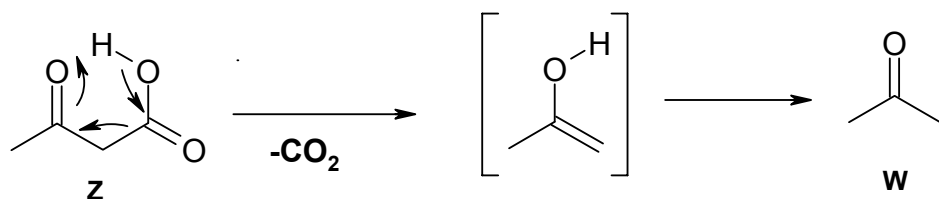
### Розв'язок

1. Речовина W має один сигнал в спектрі ПМР, при нагріванні втрачає молекулу метану (досить дивно) перетворюючись на газ, тому ця речовина легка, і її молекулярна маса невелика (а сигнал дає метильна група).

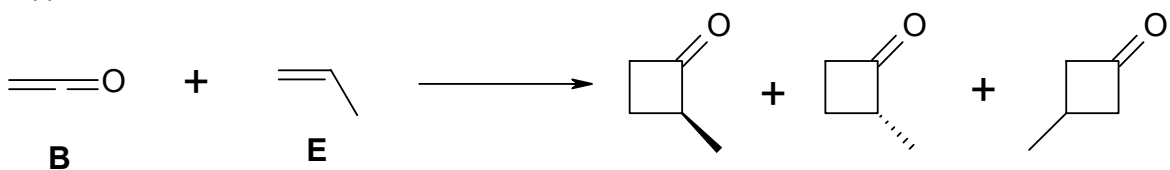
Речовина А (як і D) за різних умов втрачає воду, причому можна зробити висновок, що 1 еквівалент А втрачає 1 еквівалент води з утворенням В, і 2 еквіваленти А втрачають 1 еквівалент води з утворенням С. Аналогічно і для D. Дуже схоже, що речовина D – спирт, E – алкен, а F – етер. Спирт D реагує з А, В, С. Можна припустити, що А – карбонова кислота, С – ангідрид, тоді виходить, що В – кетен, і саме перший представник ряду кетенів  $\text{CH}_2=\text{C}=\text{O}$ , оскільки він утворюється при піролізі ацетону (W). Тоді E – пропен, D – пропіловий або ізопропіловий спирт, а F – відповідний етер. Тоді X – ізопропілацетат:



- Ізопропілат натрію, ізопропіловий спирт.
- Швидше за все з речовиною D реагує кетен.
- Ні, оскільки в парі оцтова кислота димеризована, а ізопропіловий спирт – ні.
- Наприклад: LiAlH<sub>4</sub> або NaBH<sub>4</sub>; H<sub>2</sub>/Pd.
- 6.



7.



- Сильніше нагрівання необхідне для утворення алкєну (D→E).

**Задача 5. Неорганічні сполуки**

При нагріванні до  $1500^{\circ}\text{C}$  суміші 0,70 г простої речовини, утвореної елементом X, з надлишком вищого оксиду (Y) цього ж елементу відганяється 2,20 г твердої сполуки А. Обробка отриманої кількості А розчином HF призводить до утворення розчину кислоти В та 0,58 г твердого залишку С. Додавання надлишку  $\text{BaCl}_2$  до розчину В осаджує 8,38 г солі D, яка при нагріванні розкладається на 672 мл (н.у.) газу Z та 5,26 г твердої сполуки E.

При розчиненні 0,29 г С у водному KOH виділяється 560 мл (н.у.) водню. Нагрівання 0,29 г С призводить до утворення простої речовини X та 89,60 мл двокомпонентної газової суміші ( $D_{\text{H}_2} = 4,75$ ), при спалюванні якої у кисні утворюється 0,09 г води та 0,06 г Y. В залежності від умов нагрівання об'єм та густина газової суміші можуть змінюватися, але маса води, що утворюється при її згорянні, залишається сталою.

1. Визначте речовини А-Е, X, Y, Z. Запишіть рівняння хімічних реакцій.
2. Поясніть, чому Y є твердою сполукою з високою температурою топлення, хоча вищий оксид елементу, що знаходиться над X у Періодичній системі, є газом.
3. Намалюйте фрагменти структури речовин С та Y.

**Задача 5. Неорганические соединения**

При нагревании до  $1500^{\circ}\text{C}$  смеси 0,70 г простого вещества, образованного элементом X, с избытком высшего оксида (Y) этого же элемента отгоняется 2,20 г твердого соединения А. Обработка полученного количества А раствором HF приводит к образованию раствора кислоты В и 0,58 г твердого остатка С. Прибавление избытка  $\text{BaCl}_2$  к раствору В осаждает 8,38 г соли D, которая при нагревании разлагается на 672 мл (н.у.) газа Z и 5,26 г твердого соединения E.

При растворении 0,29 г С в водном KOH выделилось 560 мл (н.у.) водорода. Нагревание 0,29 г С приводит к образованию простого вещества X и 89,60 мл двухкомпонентной газовой смеси ( $D_{\text{H}_2} = 4,75$ ), при сжигании которой в кислороде образуется 0,09 г воды и 0,06 г Y. В зависимости от условий нагревания объем и плотность газовой смеси могут изменяться, но масса воды, которая образуется при ее сгорании, остается постоянной.

1. Определите вещества А-Е, X, Y, Z. Напишите уравнения химических реакций.
2. Объясните, почему Y является твердым соединением с высокой температурой плавления, хотя высший оксид элемента, который находится над X в Периодической системе, является газом.
3. Нарисуйте фрагменты структуры веществ С и Y.

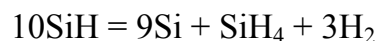
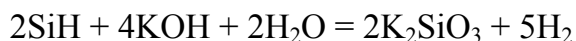
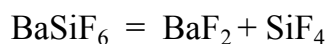
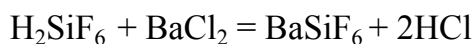
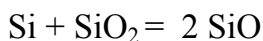


## Розв'язок

1. Маса 672 мл газу Z становить 3,12 г, тобто молярна маса 104 г/моль, це  $\text{SiF}_4$ .

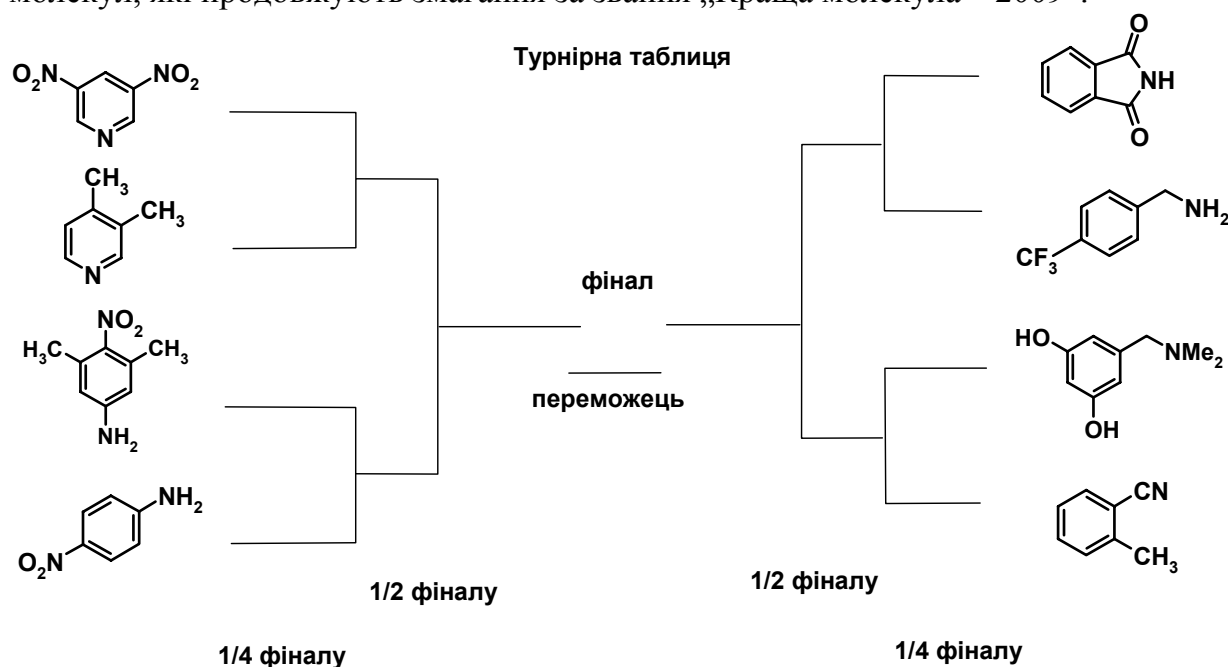
Барієва сіль D, при розкладі якої утворюється  $\text{SiF}_4$ , – це  $\text{BaSiF}_6$ .

Звідси X – Si, Y –  $\text{SiO}_2$ , A – SiO, B –  $\text{H}_2\text{SiF}_6$ , C – SiH, E –  $\text{BaF}_2$ .



## Задача 6. Турнір серед молекул

В хімічному турнірі після групових відборів залишилися 8 найсильніших молекул, які продовжують змагання за звання „Краща молекула – 2009”.



В  $\frac{1}{4}$  фіналу є 4 пари речовин, в наступне коло змагань з пари виходить молекула, яка має більш основні властивості. В результаті в  $\frac{1}{2}$  фіналу проходить 4 речовини, тобто 2 пари. Для визначення переможців у кожній парі вимірюють ІЧ-спектри. Переможцем стає речовина, для якої в ІЧ-спектрі розчину спостерігається смуга поглинання з найбільшим хвильовим числом ( $\text{cm}^{-1}$ ).

Таким чином, до фіналу виходять 2 речовини, а переможець визначається за величиною дипольного моменту. А ті 2 речовини, що не пройшли до фіналу, змагаються між собою за третє місце за результатом легкості нітрування.

1. Визначте речовини, які пройшли до  $\frac{1}{4}$  фіналу. Обґрунтуйте свій вибір.
2. Визначте речовини, які пройшли до  $\frac{1}{2}$  фіналу. Обґрунтуйте свій вибір.
3. Визначте переможця турніру. Обґрунтуйте свій вибір.
4. Визначте молекулу, яка зайняла третє місце. Обґрунтуйте свій вибір.

5. У попередньому турнірі участь брала молекула гуанідину, в  $\frac{1}{4}$  фіналу їй не було рівних. Поясніть, чому?

### Задача 6. Турнір среди молекул

В химическом турнире после групповых отборов остались 8 сильнейших молекул, которые продолжают соревнование за звание „Лучшая молекула – 2009”.



В  $\frac{1}{4}$  фінала є 4 пари речовин, в наступний круг змагань з пари виходить молекула, яка має більш основні властивості. В результаті в  $\frac{1}{2}$  фінала проходять 4 речовини, т.е. 2 пари. Для визначення переможця в кожній парі вимірюють ІК-спектри. Переможцем стає речовина, для якої в ІК-спектрі спостерігають смугу поглинання з найбільшою частотою.

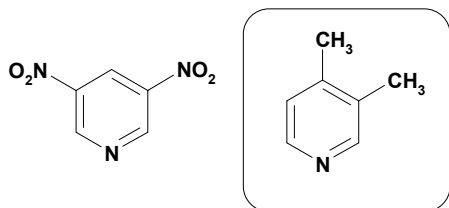
Таким чином, в фінал виходять 2 речовини, а переможця визначають за величиною дипольного моменту. А ті 2 речовини, які не пройшли в фінал, змагаються між собою за третє місце за результатами легкоти нітрування.

1. Визначте речовини, які пройшли в  $\frac{1}{4}$  фінала. Своє вибране обґрунтуйте.
2. Визначте речовини, які пройшли в  $\frac{1}{2}$  фінала. Своє вибране обґрунтуйте.
3. Визначте переможця турніру. Своє вибране обґрунтуйте.
4. Визначте переможця, який зайняв третє місце. Своє вибране обґрунтуйте.
5. В попередньому турнірі брала участь молекула гуанідину, в  $\frac{1}{4}$  фінала їй не було рівних. Поясніть, чому?

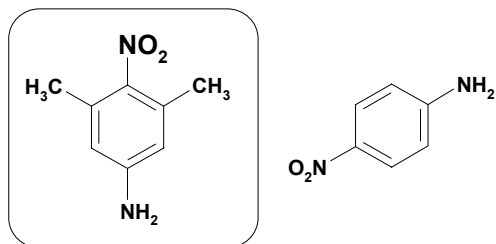
### Розв'язок

1. Основність визначається здатністю приєднувати катіон гідрогену.

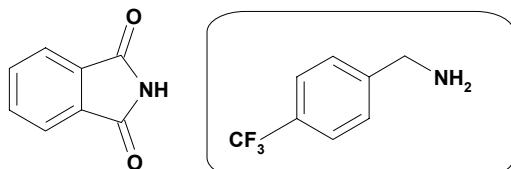
Перший ¼ фінал



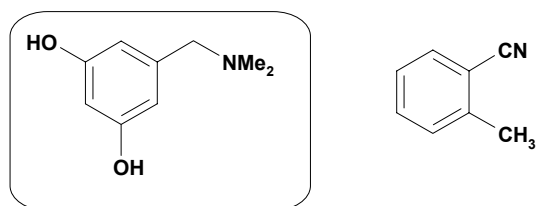
Другий ¼ фінал



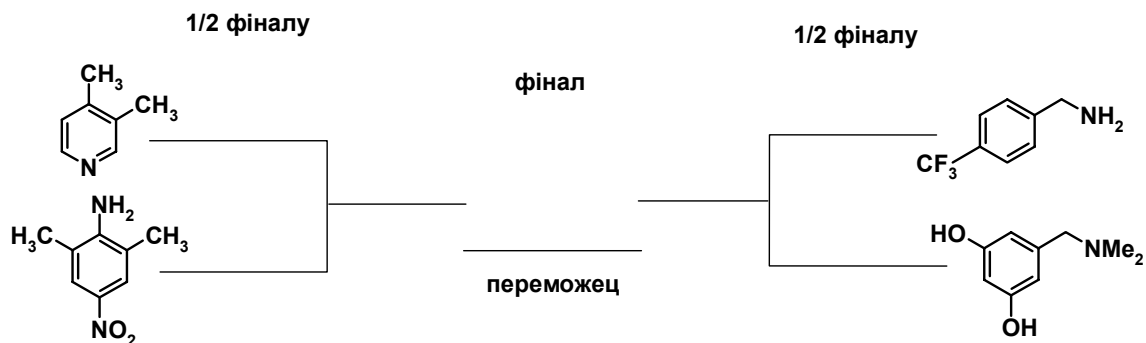
Третій ¼ фінал



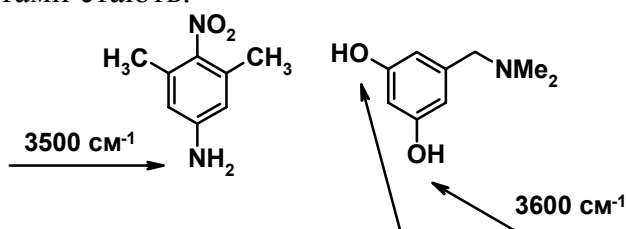
Четвертий ¼ фінал



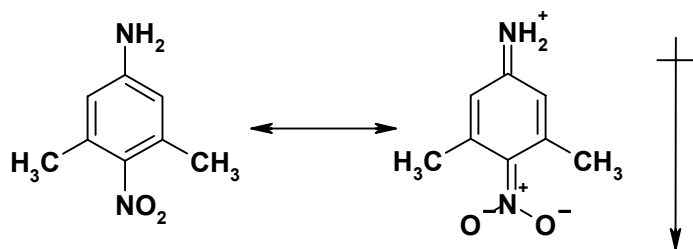
2.



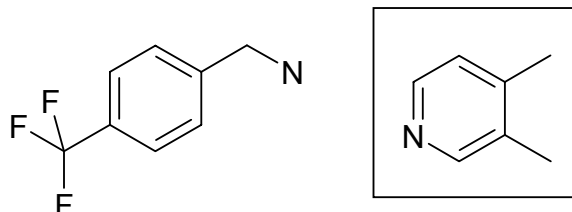
Найбільші смуги поглинання в ІЧ-спектрі припадають на валентні (вздовж зв'язку) коливання Х-Н, їхня частота найбільша, причому  $\nu(\text{O-H}) > \nu(\text{N-H}) > \nu(\text{C-H})$ . Таким чином, фіналістами стають:



3. Фінал. Більший дипольний момент має похідна аніліну завдяки більшому розподіленню електронної густини (+M-ефект аміногруп, хоча і дещо послаблений наявністю метильних груп, -M-ефекту нітрогрупи).

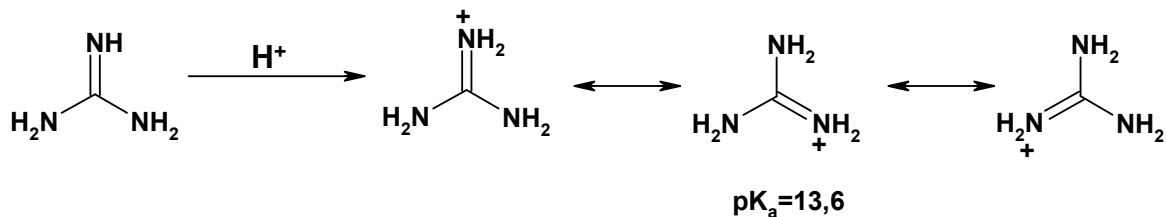


4. За третє місце змагаються



Диметилпіридин нітрується легше: два донорні замісники суттєво полегшують електрофільне заміщення в піридиновому кільці.

5. Молекула гуанідину є однією з найсильніших основ за рахунок того, що в молекулі є три резонансні структури, які рівні за енергією, тобто відбувається рівномірне розподілення заряду:



## Програма IV етапу Всеукраїнської олімпіади з хімії

Редакція 2008 року

IV етап Всеукраїнської олімпіади з хімії включає два теоретичних та експериментальний тури. Нижче наведено питання, у відповідності з якими готуються комплекти завдань IV етапу олімпіад з хімії. Завдання, що відповідають розділам, включеним до програми для молодших класів, можуть входити до комплекту задач і для старших класів. Знайомство з переліком питань сприятиме самостійному навчанню майбутніх учасників олімпіад і допоможе вчителю належним чином організувати позакласні заняття.

### Загальна та неорганічна хімія

#### 8 клас

1. Фізичні й хімічні процеси. Класифікація речовин. Прості і складні речовини. Гетерогенні й гомогенні суміші, розчини. Тверді розчини, стопи, інтерметаліди, амальгами. Рідкі розчини. Способи розділення сумішей (седиментація флотація, просіювання, екстракція, магнітна сепарація, декантація, центрифугування, дистиляція, фільтрування, сорбція, хроматографія). Кількісний склад сумішей (масові, молярні, об'ємні частки).

2. Будова атома. Субатомні частинки. Типи радіоактивного випромінювання. Нукліди. Ядерні реакції. Дефект маси.

3. Іони. Ступінь окиснення. Окисники, відновники. Написання рівнянь окисно-відновних реакцій.

4. Уявлення про електронну та просторову будову молекул.

5. Кількість речовини. Розрахунки з використанням сталої Авогадро. Масові частки елементів у сполуках. Визначення хімічної формули речовини за даними про його кількісний елементний склад. Розрахунки за рівняннями хімічних реакцій. Розрахунки за рівняннями реакцій, якщо реагенти містять домішки. Розрахунки за рівняннями паралельних реакцій. Розрахунки за рівняннями послідовних реакцій.

6. Молярний об'єм ідеального газу. Закон Дальтона. Закон об'ємних відношень, закон Гей-Люссака, рівняння Менделєєва-Клапейрона. Розрахунки складу газових сумішей, в яких відбуваються хімічні реакції.

7. Термохімія. Закон Гесса. Теплоти утворення та горіння речовин, наслідки із закону Гесса. Розрахунки за термохімічними рівняннями. Тепловий ефект розчинення.

8. Розчини. Способи вираження концентрації розчину. Змішування розчинів. Розчинність газів та твердих речовин. Закон Генрі. Дисоціація солей, кислот, основ у водних розчинах. Іонні реакції у розчинах.

9. Основні класи неорганічних сполук та генетичний зв'язок між ними. Уявлення про координаційні сполуки, кристалогідрати.

10. Хімія елементів першого, другого та третього періодів. Хімія гідрогену, карбону, нітрогену, кисню, лужних та лужноземельних металів, галогенів, халькогенів, типових представників перехідних елементів.

11. Хімічний посуд. Основні операції хімічного синтезу та аналізу.

12. Основи аналітичної хімії. Гравіметрія. Якісний аналіз катіонів і аніонів у розчинах.

### **Загальна, неорганічна, фізична та аналітична хімія**

#### **9 клас**

1. Періодичний закон і Періодична система елементів Д.І. Менделєєва. Залежність властивостей елементів від їх розташування в періодичній таблиці. Залежність властивостей елементів від електронної будови атомів. Розміри атомів та іонів. Енергії іонізації, спорідненість до електрона, електронегативність. Взаємодія світла з речовиною.

2. Хімічний зв'язок, його характеристики Ковалентний та іонний типи зв'язку. Гібридизація. Геометрична будова молекул та іонів. Модель Гіллеспі. Будова речовини у конденсованому стані.

3. Теорія електролітичної дисоціації. Ступінь дисоціації. Слабкі та сильні електроліти. рН розчину. Гідроліз. Комплексоутворення у розчинах. Розрахунки іонних рівноваг у розчинах. Теорії кислот та основ Бренстеда-Лоурі та Льюїса. Електроліз.

4. Молярна маса еквівалента. Розрахунки із застосуванням закону еквівалентних відношень.

5. Хімія металів. Хімія неметалів.

6. Принципи функціонування хімічних виробництв. Масштабність виробництва. Екологічні проблеми хімічних виробництв. Хімічна та металургійна промисловість. Виробництво сірчаної, фосфорної, азотної кислот, лугів, содових продуктів, металів, добрив.

7. Об'ємний аналіз.

### **10-11 класи**

1. Теорія хімічного зв'язку. Іонний та ковалентний зв'язки. Основи квантово-хімічного опису хімічного зв'язку. Резонанс та резонансні структури. Делокалізація електронів, молекулярні орбіталі, хімічний зв'язок у полієнах та ароматичних сполуках. Електронна й просторова будова та властивості координаційних сполук. Класифікація, номенклатура, ізомерія, забарвлення й магнітні властивості комплексів. Використання методів ВС та МО для опису електронної будови.

2. Основи термодинаміки. Система та її стани. Термодинамічні компоненти системи. Внутрішня енергія системи. Теплота та робота. Ентальпія, ентропія, енергія Гіббса. Оборотні (рівноважні) та необоротні (нерівноважні, спонтанні) процеси. Ізохорний, ізотермічний, ізобарний, адіабатичний, ізоентальпійний, ізоенергетичний процеси. Критерії самочинного перебігу спонтанних процесів. Термодинаміка фазових переходів. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Фазові діаграми стану. Правило фаз Гіббса, умови рівноваги між фазами. Константа рівноваги та способи її ви-

раження: через парціальні тиски ( $K_p$ ), через концентрації ( $K_c$ ), через мольні частки ( $K_x$ ). Стандартна константа рівноваги ( $K^0$ ). Розрахунки рівноважного складу. Методи визначення молекулярних мас: криоскопія, ебуліоскопія, осмометрія, ефузія.

3. Електрохімія. Гальванічні елементи, термодинамічні параметри хімічної реакції, що відбувається в гальванічному елементі. Класифікація електродів (I та II роду, газові, окисно-відновні) та електрохімічних кіл (хімічні, концентраційні). Залежність електрорушійної сили та потенціалів електродів від концентрації (активності) потенціаловизначаючих іонів, рівняння Нернста. Закони електролізу.

4. Основи хімічної кінетики. Механізм реакції, прості та складні реакції. Швидкість реакції, кінетичні криві, кінетичні рівняння. Порядок реакції та методи його визначення. Константа швидкості реакції, період напівперетворення. Молекулярність елементарних реакцій та її зв'язок із порядком реакції. Інтегрування кінетичних рівнянь для реакцій різних порядків. Складні реакції. Паралельні реакції. Послідовні реакції. Метод стаціонарного стану. Оборотні реакції. Теорія Арреніуса. Залежність константи швидкості від температури, енергія активації. Розрахунки енергії активації. Теорія перехідного стану. Основи гомогенного й гетерогенного каталізу.

Кінетичні схеми і механізми ферментативних реакцій. Багатосубстратні реакції. Вплив температури і рН на швидкість ферментативної реакції. Індуктори й інгібітори; інактивація ферментів. Використання ферментативних реакцій у біотехнології. Основні біотехнологічні виробництва. Промислове використання іммобілізованих ферментів.

5. Обчислення рН буферних розчинів. Електрохімічні методи аналізу: потенціометрія, кондуктометрія, амперметрія. Оптичні методи аналізу. Принципи хроматографії органічних сполук. Типи носіїв у хроматографії. Тонкошарова хроматографія.



6. Інфрачервона спектроскопія, інтерпретація ІЧ-спектрів з використанням таблиць частот груп. Спектроскопія магнітного резонансу: поняття про ЕПР-спектри; ЯМР-спектроскопія: причини виникнення сигналу, інтенсивність та хімічний зсув, тонка структура ЯМР-спектрів; спін-спінова взаємодія (константи спін-спінової взаємодії та мультиплетність сигналу). Мас-спектрометрія. Магнетизм.

## Органічна хімія

### 10 клас

1. Будова органічних сполук. Основні типи зв'язків в органічних сполуках;  $\sigma$ - та  $\pi$ -зв'язки. Взаємодія валентних електронів (кон'югація). Полярність зв'язків. Індуктивний та мезомерний взаємний вплив атомів та груп атомів у молекулах органічних сполук.

2. Ізомерія. Типи ізомерії органічних сполук. Поняття про конфігурацію та конформацію. Хіральність. Типи хіральності органічних сполук. Енантіомери й діастереомери. Поняття про оптичну активність органічних сполук. Номенклатура органічних сполук, в тому числі *цис*-, *транс*- та оптичних ізомерів (*R,S*-номенклатура).

3. Вуглеводні. Насичені вуглеводні (алкани). Гомологічний ряд та ізомерія алканів. Властивості алканів. Поняття про вільні радикали. Добування та застосування алканів. Циклоалкани. Стереохімія циклоалканів  $C_3$ - $C_7$ . Поліциклічні насичені вуглеводні – декалін і адамантан, їх стереохімія та хімічні властивості. Ненасичені вуглеводні. Етилен та його гомологи (алкени). Фізичні та хімічні властивості, електронна будова етиленових вуглеводнів. Утворення та стабільність карбокатионів. Дієнові вуглеводні та полієни. Бутадієн, ізопрен, аллен. Взаємодія електронів  $\pi$ -зв'язків у дієнах (кон'югація), зміщення електронної густини в кон'югованих системах атомів, вплив на хімічні властивості дієнів. 1,2- та 1,4-приєднання електрофілів. Ацетилен та його гомологи (алкіни). Електронна будова і хімічні властивості

алкінів. Ароматичні вуглеводні (арени). Бензол та його гомологи. Поняття ароматичності та антиароматичності. Небензоїдні ароматичні системи. Номенклатура ароматичних вуглеводнів. Хімічні властивості аренів. Добування та застосування ароматичних вуглеводнів. Взаємоперетворення насичених, ненасичених та ароматичних вуглеводнів.

4. Галогенопохідні вуглеводнів. Будова галогенопохідних вуглеводнів; полярність зв'язку карбон-галоген. Добування, хімічні властивості галогенопохідних вуглеводнів. Нуклеофільне заміщення при  $sp^3$ -гібридизованому атомі карбону. Застосування галогенопохідних вуглеводнів у побуті та в органічних синтезах. Отримання та застосування металоорганічних сполук.

5. Механізми органічних реакцій. Реакції заміщення. Нуклеофільне заміщення біля насиченого атома вуглецю. Механізми  $S_N1$  та  $S_N2$ . Механізми нуклеофільного заміщення в ароматичних сполуках. Електрофільне заміщення в ароматичних сполуках. Механізми реакцій приєднання. Електрофільне приєднання до кратного зв'язку. Електрофільне приєднання до спряжених дієнів. Механізм нуклеофільного приєднання до кратного зв'язку.

Радикали та їх реакції. Методи утворення вільних радикалів. Просторова будова й стабільність радикалів. Приклади реакцій. Реакції, що контролюються симетрією. Реакції циклоприєднання. Реакція Дільса-Альдера. Реакції 1,3-біполярного приєднання. Сигматропні перегрупування.

6. Високомолекулярні сполуки (полімери). Поняття мономера та полімеру. Елементарна ланка полімеру. Добування полімерів методом полімеризації.

## Органічна хімія та біохімія

## 11 клас

5. Спирти та феноли. Гомологічний ряд і номенклатура спиртів. Водневі зв'язки у спиртах. Синтез, хімічні властивості й застосування спиртів. Багатоатомні спирти. Етери, їх отримання. Феноли. Взаємний вплив атомів у молекулі фенолу і пов'язані з цим його хімічні властивості. Кислотність фенолів. Добування фенолів. Поширення в природі спиртів та фенолів.

6. Альдегіди та кетони. Поширеність альдегідів та кетонів у природі. Номенклатура альдегідів та кетонів, будова їх молекул. Хімічні властивості альдегідів та кетонів. Синтез і застосування альдегідів і кетонів.

7. Карбонові кислоти та їх похідні. Номенклатура карбонових кислот, будова їх молекул; карбоксильна група. Хімічні властивості карбонових кислот. Мурашина, оцтова, стеаринова, бензойна, щавлева, янтарна та лимонна кислоти. Синтез і застосування карбонових кислот. Аспірин. Похідні карбонових кислот: ангідриди, хлорангідриди, естери та амідни, їх отримання і хімічні властивості. Солі карбонових кислот. Поняття про поверхнево активні речовини. Міцели. Мила та мийні засоби.

8. Нітрогеномісні органічні сполуки. Аміни, поширеність у природі, номенклатура. Будова молекул амінів. Метиламін, триетиламін та анілін. Хімічні властивості амінів: реакції з кислотами (зіставлення з аміаком) та ангідридами кислот, галогеналканами. Четвертинні амонійні солі. Синтез та застосування амінів. Нітроалкани та нітроарени, їх хімічні властивості та застосування. Оксими, гідрозони, нітрили, гідроксамові кислоти, азиди та гідразиди.

9. Сульфуромісні органічні сполуки. Тіоли і меркаптани, їх хімічні властивості й добування. Алкіл- і арилсульфофосфати та їх естери. Хімічні властивості й добування.

10. Гетероциклічні сполуки. Поширеність гетероциклічних сполук у природі, їх застосування. Ароматичні п'яти- та шестичленні гетероцикли з

одним гетероатомом. Їх синтез та хімічні властивості. Порівняння їх електронної будови і хімічних властивостей з бензолом.

11. Макроцикли: порфірини, краун-етери, криптанди, карцеранди, каліксарени, катенани, ротоксани тощо. Принципи темплатного синтезу.

12. Синтетичні та природні барвники, їх основні класи та застосування. Індиго, метилоранж, флуоресцеїн, флавоноли й халкони. Ціанінові барвники. Принципи залежності кольору органічної сполуки від її будови.

13. Ціанетилювання. Реакція Міхаеля. Реакції по карбонільній групі. Приклади приєднання до карбонільної групи спиртів, тіолів, ціановодню,  $\text{HSO}_3$ , гідрид-іону. Реакція Мейервейна-Понндорфа. Реакція Канніцаро. Ацилоїнова конденсація. Приклади реакцій приєднання-відщеплення. Реакції з похідними аміаку. Гідроліз естерів. Приєднання нуклеофілів із вуглецевим центром. Взаємодія з металоорганічними сполуками. Приєднання ацетилід-іонів. Альдольна конденсація. Приєднання нітроалканів. Реакція Перкіна. Реакція Кневенагеля та Штоббе. Естерна конденсація Клайзена. Бензоїнова конденсація. Бензилове перегрупування. Реакція Віттіга. Стереоселективність реакцій приєднання до карбонільної групи. Реакції елімінації та їх механізми. Стереохімія процесів елімінації. Правила Зайцева та Гофмана. Стабільність, структура й перегрупування карбокатионів. Секстетні перегрупування. Реакції карбаніонів. Таутомерні перетворення. Реакції приєднання та елімінації: карбоксилювання і декарбоксилювання. Приклади реакцій заміщення: дейтеро-водневий обмін, реакція Раймера-Тімана. Реакції окиснення.

14. Основні класи природних органічних сполук. Амінокислоти, пептиди, білки, склад їх молекул. Структура 20-ти природних амінокислот. Поширеність у природі. Хроматографія та електрофорез амінокислот. Взаємозв'язок будови молекул із фізичними властивостями. Хімічні властивості амінокислот. Синтез L-амінокислот та пептидів. Аналіз амінокислотної послідовності в пептидах. Структурні рівні організації

білкових молекул. Денатурація і ренатурація білків. Методи виділення білків. Метаболізм білків. Чотири шляхи перетворення амінокислот у живих організмах. Практичне застосування амінокислот, пептидів та білків. Аспартам. Желатин. Ферменти, їх склад і механізм дії. Кінетика ферментативних реакцій. Роль АТФ у механізмах дії ферментів.

Вуглеводи. Поширеність у природі та застосування. Основні принципи процесу фотосинтезу вуглеводів, стадії темнова та світлова. Шляхи перетворення вуглеводів в організмі до молочної кислоти та етанолу. АТФ-баланс. Моносахариди, олігосахариди, полісахариди.  $\alpha$ -D- і  $\beta$ -D-Глюкопіранози. Фруктоза. Три типи проєкцій моносахаридів: Фішера, Хеурта і сучасний тип. Дисахариди: мальтоза, целобіоза, лактоза й сахароза, склад їх молекул. Крохмаль і целюлоза.

Нуклеїнові кислоти. ДНК, РНК та їх складові. Рибоза та дезоксирибоза. Піримідинові та пуринові основи. Компліментарність основ і будова молекули ДНК. Будова й склад хромосоми. Реплікація ДНК, транскрипція генів, механізм синтезу білка. Мутації генів. Генна інженерія.

Жири та ліпіди. Тригліцериди, фосфоліпіди, гліколіпіди. Гліцеро- та сфінголіпіди. Хімічний синтез і біосинтез ліпідів. Метаболізм ліпідів. Ліпосоми й ліпопротеїни. Будова клітинної мембрани. Транспорт речовин через мембрану.

Вітаміни А-Е, Р та їх роль у життєдіяльності організмів. Стероїди: статеві гормони, жовчні кислоти, преднізолон. Терпени: камфора, ментол, валідол. Складові парфум. Антибіотики: пеніциліни, тетрацикліни. Алкалоїди груп хініну, кофеїну та нікотину. Їх практичне використання. Простагландини і їх практичне значення. Інсектициди та гербіциди. Репеленти й аттрактанти. Регулятори росту рослин.

15. Високомолекулярні сполуки. Природні та штучні полімери. Полімеризація і поліконденсація – основні методи отримання полімерів. Регулярні та нерегулярні полімери. Типові представники полімерів різних

класів. Синтетичні волокна. Синтетичні, природні та штучні полімери. Проблеми утилізації відпрацьованих полімерних матеріалів та відходів.

16. Промислове виробництво органічних сполук. Природні джерела органічної сировини. Нафта, її склад, переробка та застосування нафтопродуктів. Процеси переробки нафтопродуктів: перегонка, крекінг та риформінг. Паливно-мастильні матеріали. Природний та супутній нафтовий газ, їх склад, переробка та застосування продуктів переробки. Синтез-газ. Вугілля та його хімічне використання. Кокс.

Рослинна сировина в хімічних виробництвах. Біотехнології у виробництві хімічних сполук. Біосинтези етанолу, сахарози, фруктози та пеніциліну.

**Вибрана література для підготовки до IV етапу Всеукраїнської олімпіади з хімії**

**Підручники і навчальні посібники**

**8–9 класи**

1. Ахметов Н.С. Неорганическая химия.
2. Браун Т., Лемей Г. Химия в центре наук. – М.: Мир, 1983.
3. Некрасов Б.В. Основы общей химии. В 2 т.
4. Попель П.П. Складання рівнянь хімічних реакцій. – К.: Рута, 2000.
5. Реми Г. Курс неорганической химии. В 2 т. – М.: Мир, 1972.
6. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 1997.
7. Фиалков Ю.Я. Не только в воде. – Л.: Химия, 1976.
8. Холин Ю.В., Слета Л.А. Репетитор по химии: Для школьников и абитуриентов. – Харьков: Фолио, 1998.

**10–11 класи**

1. Барнард А. Теоретические основы неорганической химии. – М.: Мир, 1968.
2. Грей Г. Электроны и химическая связь. – М.: Мир, 1967.
3. Даниэльс Ф., Олберти Р. Физическая химия. – М.: Мир, 1978.

4. Драго Р. Физические методы в химии. В 2 т. – М.: Мир, 1981.
5. Еремин В.В. Теоретическая и математическая химия для школьников. – М.: МЦНМО, 2007.
6. Жданов В.П. Скорость химической реакции. – Новосибирск: Наука, 1986.
7. Иванов В.В., Слета Л.А. Квантовая химия. – Харьков: Фолио, 2007.
8. Ингольд К. Теоретические основы органической химии. – М.: Мир, 1973.
9. Ковтуненко В.О. Загальна стереохімія. – Київ: Невтес, 2001,
10. Кузьменко Н.Е., Попков В.А., Еремин В.В. Химия. Для школьников старших классов и поступающих в вузы. В помощь абитуриенту. – М.: Дрофа, 2002.
11. Кэмпбел Дж. Современная общая химия. В 3 т. – М.: Мир, 1975.
12. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи, 2001.
13. Ленинджер А. Биохимия. – М.: Мир, 1985.
14. Марч Д. Органическая химия. В 4-х т. Т. 1-3. – М.: Химия, 1987.
15. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа, 1990.
16. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия. – М.: Просвещение, 1987.
17. Пивоваренко В.Г. Основи біоорганічної хімії. Підручник для 11 класу загальноосвітньої школи з поглибленим вивченням хімії. – К.: Освіта, 1998.
18. Потапов В.М. Стереохимия. – М.: Химия, 1988.
19. Робертс Дж., Касерио М. Основы органической химии. В 2 т. – М.: Мир, 1978.
20. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. – М.: Химия.
21. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. В 2-х томах. – М.: Мир, 1979.

22. Страйер Л. Биохимия. В 3-х томах. Т. 1. – М.: Мир, 1985.
23. Ферми Э. Термодинамика. – Харьков: Изд-во Харьковского ун-та, 1973.
24. Физическая химия. В 2 кн.: Учебное пособие для вузов / К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнев и др. – М.: Высшая школа, 1995.
25. Эпшлквист Д., Де Пюи Ч., Райнхарт К. Введение в органическую химию. – М.: Мир, 1985.
26. Яцимирський В.К. Фізична хімія. – К.: Ірпінь, 2007.

#### **Збірники задач**

27. Олимпиады по химии. Сборник задач / И.И. Кочерга, Ю.В. Холин, Л.А. Слета, О.А. Жикол, В.Д. Орлов и С.А. Комыхов. – Харьков: Ранок, 2002.
28. Слета Л.А., Холин Ю.В. 2002 задачи по химии. – Харьков: Фолио, 2003; Ростов н/Дону, 2007.
29. Адамович Т.П., Васильева Г.И., Попкович Г.А., Улазова А.Р. Сборник упражнений и усложненных задач с решениями по химии. – Минск: Высшая школа, 1979.
30. Айлетт Б., Смит Б. Задачи и упражнения по неорганической химии. – М.: Мир, 1967.
31. Будруджак П. Задачи по химии. – М.: Мир, 1989.
32. Всероссийская химическая олимпиада школьников / Под ред. Лисичкина Г.В. – М.: Просвещение, Учебная литература, 1996.
33. Гольдфарб Я.Л., Ходаков Ю.В. Сборник задач и упражнений по химии. – М.: Просвещение, 1979.
34. Еремин В.В., Кузьменко Н.Е. Сборник задач и упражнений по химии. Школьный курс. – М: Мир и образование, 2003.
35. Ненайденко В.Г., Рыжова О.Н., Лунин В. В., Кузьменко Н.Е. Химия XXI века в задачах Международных Менделеевских олимпиад. Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2006.



36. Николаенко В.К. Сборник задач по химии повышенной трудности. – М.: МИРОС, 1996.
37. Польские химические олимпиады / Э. Квапневский, Т. Шаршаневич, Р. Киешковский и др. – М.: Мир, 1980.
38. Свиридов В.В., Попкович Г.А., Васильева Г.И. Задачи и упражнения по общей и неорганической химии. – Минск: Изд-во БГУ, 1978.
39. Свитанько И.В. Нестандартные задачи по химии. – М.: МИРОС, 1995.
40. Серета И.П. Конкурсные задачи по химии. – К.: Вища школа, 1982.
41. Хомченко Г.П., Хомченко І.Г. Задачі з хімії для вступників до вузів: Навчальний посібник. – К.: Вища школа, 1991.
42. Хомченко І.Г. Збірник задач і вправ з хімії. – К.: Вища школа, 1992.

#### **Полезные сайты**

- Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова  
<http://www.chem.msu.ru>
- Дистанционная подготовка к школьным олимпиадам высокого уровня по химии <http://www.chem.msu.ru/rus/olimp/dist.html>
- Химические олимпиады Беларуси <http://superhimiki.at.tut.by/>

**Перелік питань та список рекомендованої літератури підготували**  
Холін Ю. В., Волочнюк Д. М., Гавриленко К.С., Жикол О. А., Колосов М.О.,  
Комаров І. В., Неділько С. А., Пивоваренко В. Г., Слета Л. О., Усенко О. Ю.,  
Яцимирський В. К. (2004-2008 рр.)

**Шановні викладачі, науковці, вчителі, студенти, аспіранти!**

Запрошуємо до співробітництва. Візьміть участь у підготовці оригінальних і творчих завдань для наступних олімпіад!

Свої авторські завдання надсилайте електронною поштою на адресу **kholin@univer.kharkov.ua** до **15 жовтня 2009 року**.

З прикладами завдань минулих років і програмою олімпіади можна ознайомитись на веб-сторінці Всеукраїнських хімічних олімпіад

**<http://www-chemo.univer.kharkov.ua/olympiad.htm>**

При укладанні завдань ураховуйте, будь ласка, такі поради й побажання.

1. Не слід сподіватися, що учасники олімпіади знайомі з вузькоспеціальною інформацією чи деталями хімічної поведінки малопоширених елементів та сполук. У разі потреби необхідні дані слід ввести до умови задачі.

2. До одержання відповіді має вести ланцюжок логічних міркувань та/або математичних розрахунків; слід пам'ятати, що учні не зобов'язані відтворювати інтуїтивні припущення автора. В той же час, нестандартність умови, постановка таких питань, що стимулюють прояв учасниками олімпіади творчих здібностей, стануть запорукою того, що ваша задача увійде до комплексу завдань.

3. До умови слід включати декілька питань, формулюючи їх таким чином, щоб помилка, зроблена учнем на першому кроці розв'язку, не позбавляла його можливості одержати певну кількість балів на наступних етапах.

4. Слід чітко формулювати всі спрощення, які ви робите при укладанні задачі (наприклад, про перебіг реакцій до кінця; можливість використовувати округлені значення атомних мас; нехтувати розчинністю малорозчинних речовин тощо).

5. Треба пам'ятати, що талант – брат стислості, а занадто довгі умови погано сприймаються школярами.

6. Зміст завдань має узгоджуватися з Питаннями для підготовки до IV етапу Всеукраїнської олімпіади з хімії, оприлюдненими на веб-сайті олімпіад.

7. Український текст умов і розв'язків слід готувати за допомогою текстового процесору MS Word. Будь-які рисунки та формули в жодному разі не можна ставити "поверх тексту". Графічні об'єкти, які вставляються в документ Word із зовнішніх програм, слід належним чином конвертувати у формат "рисунок Microsoft Word".

З повагою,  
голова журі 46 Всеукраїнської  
олімпіади з хімії

Ю. Холін