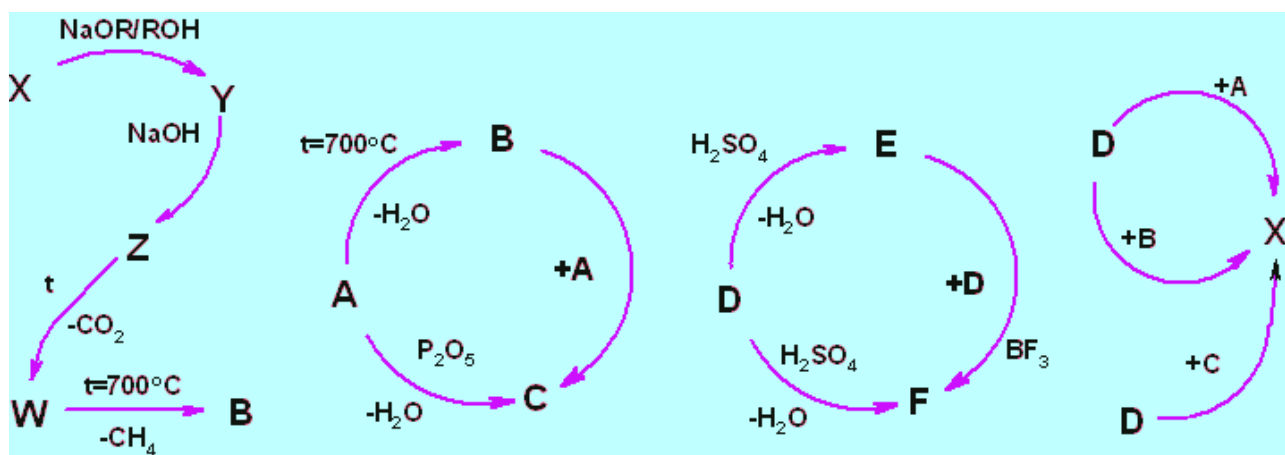


175-й річниці від дня народження  
**Дмитра Івановича Менделєєва**  
присвячується



# 46 Всеукраїнська олімпіада з хімії

## IV етап



Одеса

2009

# **46 Всеукраїнська олімпіада з хімії**

## **IV етап**

### **Завдання**

**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.Карзіна, 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

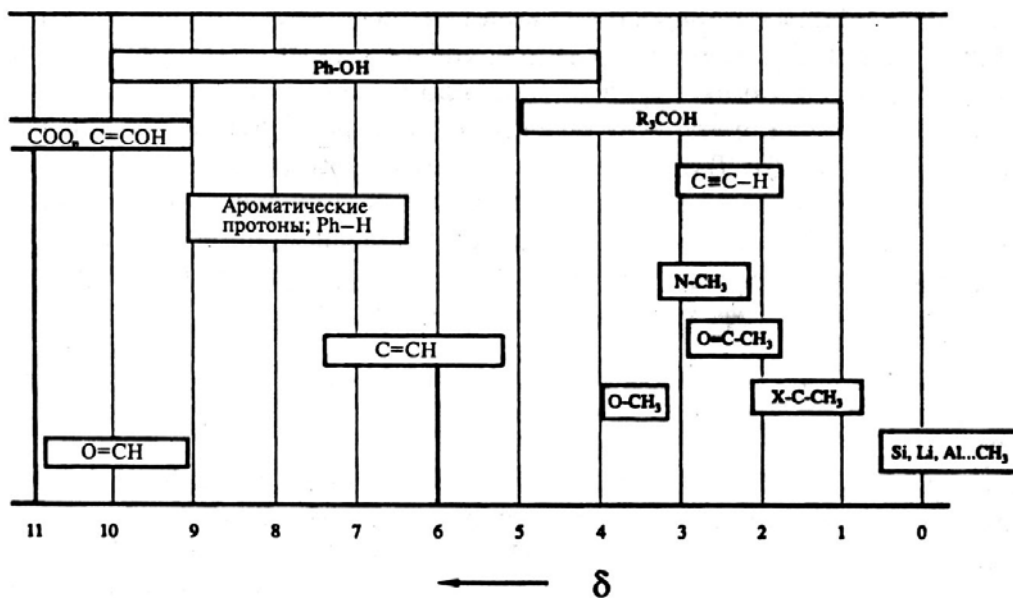
стала Авогадро $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>	мольний об'єм ідеального газу за н.у. $22.4$ л·моль <sup>-1</sup> .
заряд електрона $1.6021892 \cdot 10^{-19}$ Кл	рівняння стану ідеального газу (Менделєєва-Клапейрона) $PV = nRT$
універсальна газова стала $R = 8.314$ Дж·моль <sup>-1</sup> ·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 $E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{\prod(Ox_i)^{v_i}}{\prod(Red_i)^{v_i}}$
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 $1 \text{ Бар} = 10^5 \text{ Па}$ $1 \text{ атм} = 1,01325 \text{ Бар} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па} =$ $= 760 \text{ мм рт. ст.}$	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 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 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 слабокислого рН з наступною дією розчином  $\text{Na}_2\text{S}$  (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 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 5. П'ять

Підберіть 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 6. Атоми**

1. Заповніть пропуски в таблиці

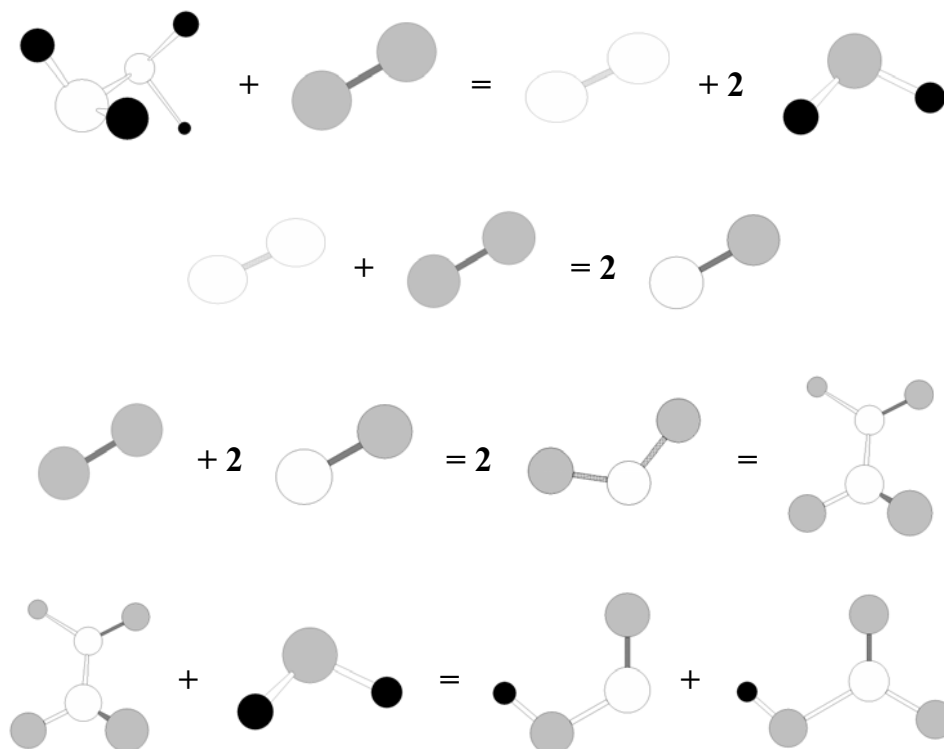
Атом	Число протонів	Число електронів	Число нейтронів	Масове число
Ca				40
		52		128
	66		96	
			42	75

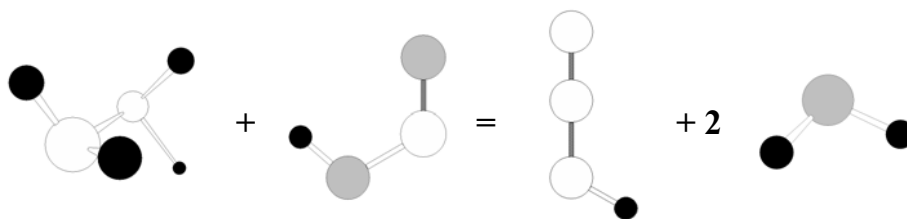
2. Запишіть електронні конфігурації зовнішніх оболонок атомів елементів.

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 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.



## 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.

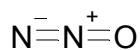
3. Запишіть рівняння реакцій згоряння та синтезу сполук **A – Г**.

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

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

**Задача 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****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 **B<sup>-</sup>** – ізоелектронного аналога **1**.

Існують частинки  $A^-$  та  $B^+$ , які є ізоелектронними аналогами **2**. Речовину **HA** вперше отримав Курціус у 1890 році, а сполуку  $B^+ BF_4^-$  – Ола у 1954 році.

6. Зобразіть структури йонів  $A^-$  та  $B^+$ .

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  $N_2$ ,  $CO$ ,  $CN^-$  та  $C_2^{2-}$  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:  $N_2$ ,  $CO$ ,  $HCN$ ,  $KCN$ ,  $Fe(CO)_5$ ,  $K_4[Fe(CN)_6]$ ,  $CH_3CN$ ,  $H_2C_2$ ,  $Ag_2C_2$ ?

### 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 4. Лише гази**

Гази **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 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 6. Відсотки**

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

- а)  $\omega_{\text{N}} = 35\%$ ;  $\omega_{\text{H}} = 5\%$ ; третій елемент – найпоширеніший у земній корі;
- б)  $\omega_{\text{O}} = 80\%$ ;  $\omega_{\text{H}} = 5\%$ , третій елемент утворює декілька простих речовин, одна з яких – фулерен;
- в)  $\omega_{\text{I}} = 94.21\%$ ; другий елемент – лужний метал, солі якого забарвлюють полум'я в фіалковий колір;
- г) бінарна речовина,  $\omega_{\text{S}} = 98.765\%$ ;

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 7. Енергія зв'язку

Енергія зв'язку у гомонуклеарних двохатомних 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

**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:  $\text{CO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  ?
5. Розрахуйте масовий склад утвореного твердого залишку.

**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 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	1.02	402.2
3	310	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 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 5. Бернар Куртуа

У 1811 році французький хімік Бернар Куртуа проводив досліді 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** ( $\omega(O) = 22.09\%$ ) жовтуватого кольору, що розпливається на повітрі. При обробці безводного спиртового розчину **X** розчином  $AgNO_3$  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:  $S(0^\circ C) = 0.3$  г/л;  $S(100^\circ C) = 3.3$  г/л.

1. Які правила техніки безпеки порушив Бернар Куртуа?

2. Наведіть формулу звичайних цинкових білил.

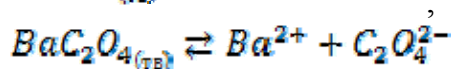
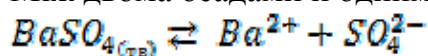
3. Яку речовину (**X**) отримав хімік, якщо в морських водоростях міститься деяка сіль **A** ( $\omega(O) = 24.24\%$ ,  $\omega(Na) = 11.62\%$ ), що не розкладається при їхньому спалюванні?

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

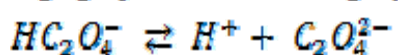
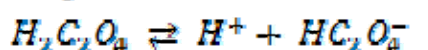
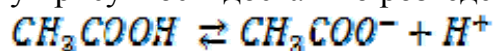
5. Розшифруйте всі речовини та напишіть рівняння згаданих реакцій.

### 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?

## 10 клас

## I тур

**Задача 1. Загадковий вуглеводень**

Вуглеводень **X** не приєднує бром у розчині в  $\text{CCl}_4$ , проте його бромовання під дією світла приводить до утворення єдиної можливої монобромпохідної (масова частка броду 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 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 бурюю?

4. Як добути сполуку А?

### 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 ( <i>D</i> ), 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 Н-Е-Н 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 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 °С, а на полюсі знижується до -140 °С, 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 <sub>2</sub>	95.3
N <sub>2</sub>	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  $0.8\text{ кПа}$  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  $25\text{ Па}$ . Вважайте, що інші гази марсіанської атмосфери при цій температурі не замерзають.

### Задача 5. Кольорові розчини

При пропусканні газу **C**,  $1\text{ г}$  якого при температурі  $20^{\circ}\text{C}$  і тиску  $1\text{ атм}$  займає об'єм  $707,3\text{ мл}$ , 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  $0,78\text{ г}$  солі **A<sub>3</sub>**,  $20\text{ мл}$   $0,20\text{ М}$  розчину хлоридної кислоти, виділився газ **C** та утворилося  $0,56\text{ г}$  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 6. Їжа

Юний фізико-хімік Микола прочитав на торговій етикетці одного з продуктів харчування, який купив у сусідньому супермаркеті, інформацію про терміни його зберігання:  $5^{\circ}\text{C} - 60\text{ діб}$ ;  $20^{\circ}\text{C} - 15\text{ діб}$ ;  $35^{\circ}\text{C} - 6\text{ діб}$ . 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°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.

## 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 2. Хлорування за Фріделем-Крафтсом**

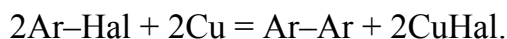
При хлоруванні ароматичного вуглеводню **X** (масова частка карбону 90,57%) 25%-вим надлишком хлору в присутності хлориду алюмінію відбулося пошкодження регулятора, внаслідок чого в процесі реакції не було витримано часовий режим, що

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 3. Рівновага

Відомо, що константи рівноваги залежать від температури. Зокрема, звичне значення іонного добутку води  $K_w = 10^{-14}$  наводять для температури 25°C. Враховуючи, що при 0°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°C до 0°C, враховуючи, що константа дисоціації вугільної кислоти при цьому майже не змінюється і становить  $K_{a2} = 4 \cdot 10^{-11}$ .

### Задача 4. Хімія ізотопів

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

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.

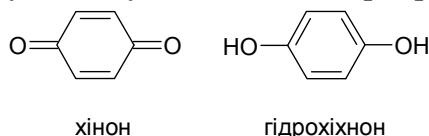
2. З якою водою енергійніше реагує металічний магній і чому:  $\text{D}_2\text{O}$ ,  $\text{HDO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ? Запишіть рівняння реакцій магнію для кожного випадку та обґрунтуйте свій вибір основних продуктів реакції.

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 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 хінгідромом (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  $K_{\text{S0}}(\text{Hg}_2\text{Cl}_2) = 1,3 \cdot 10^{-18}$ .

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  $\text{HCl}$  отримав студент, якщо виміряна ЕРС системи дорівнювала 0,176 В при температурі  $25^\circ\text{C}$ ?
4. Які умови висуваються до досліджуваного розчину при вимірюванні його рН за допомогою хінгідронного електроду?

**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?

## 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

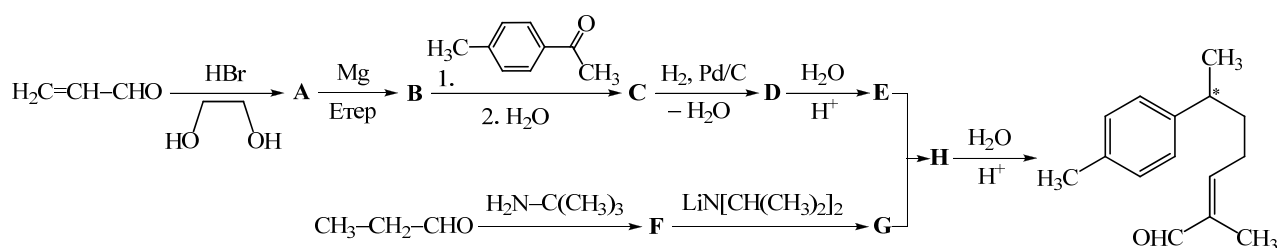
1. Напишіть рівняння реакції диспропорціювання гіпоброміту.
2. Визначте порядок реакції і підтвердіть відповідь розрахунком.
3. Оцініть константу швидкості цієї реакції.
4. Запропонуйте механізм цієї реакції, який відповідає експериментальним даним.
5. Яким методом можна скористатися, щоб отримати наведену 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 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 пропаналу.

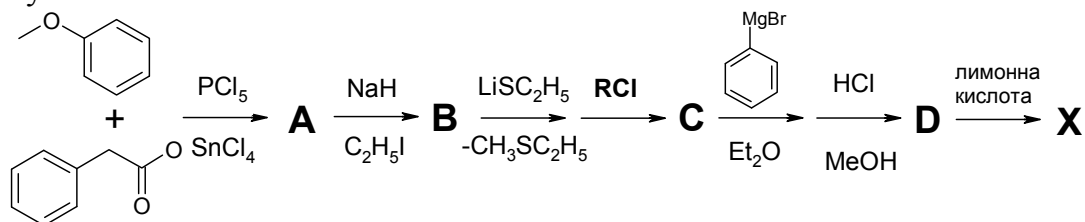


1. Виділіть у структурній формулі нуцифералу фрагменти молекул, з яких складається його вуглецевий кістяк.
2. Напишіть структурні формули сполук **A** – **H**.
3. Для чого при приєднанні бромоводню до акролеїну необхідний етиленгліколь?
4. Чому не можна провести реакцію безпосередньо між пропаналем і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

### Задача 3. Томоксифен

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 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 розчинну 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 (**RCI**) 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 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):

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

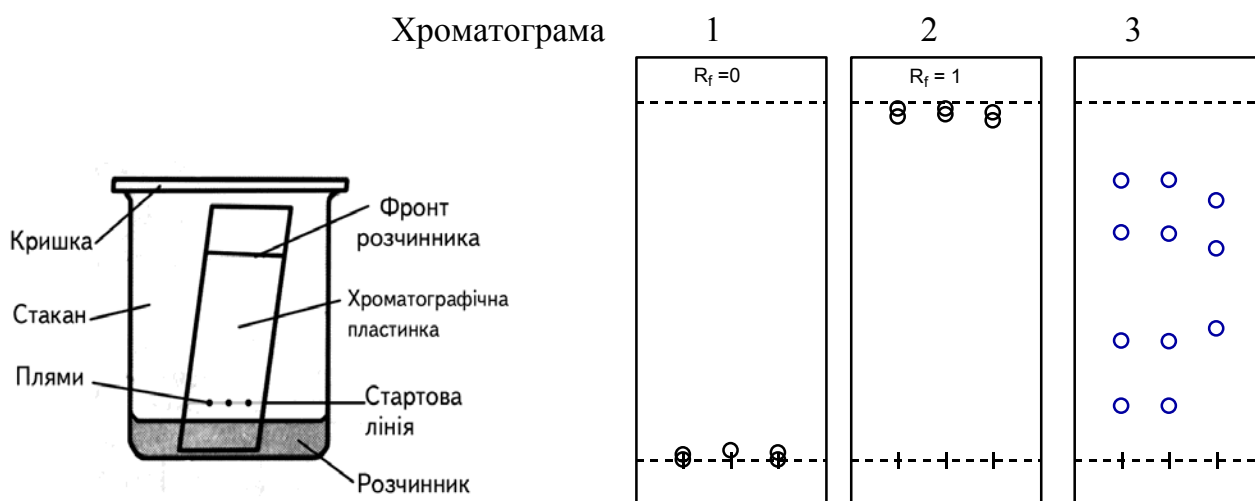
При титруванні відбувається єдина реакція: окиснення іона металу **X**.

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*, мВ – *V*, мл) і диференціальну ( $\Delta E/\Delta V - V$ , 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 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 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 сульфору 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  $pH = 7.4$ ?

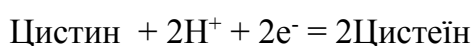
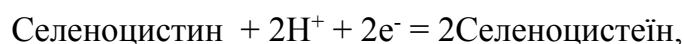
Біологічна роль селеноцистеїну визначається його здатністю легко окиснюватися з утворенням селеноцистину за такою реакцією:



Так само при окисненні цистеїну утворюється цистин.

3. Зобразіть структурні формули цистину та селеноцистину.

Стандартні електродні потенціали напівреакцій

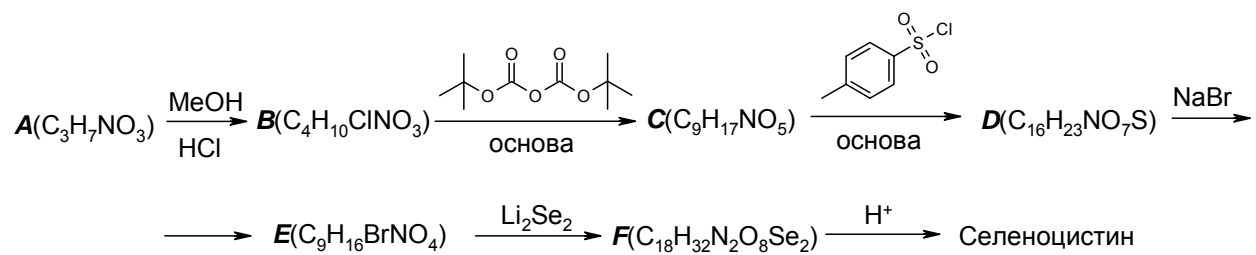


складають  $-0.381$  В та  $-0.145$  В, відповідно. У пробірці змішали 1 мл  $0.02$  М розчину селеноцистеїну та 1 мл  $0.01$  М розчину цистину.

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  $(\text{CH}_3)_3\text{COC}(\text{O}) = \text{Boc}$ ,  $p\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2 = \text{Ts}$ .

## 11 клас

## II тур

**Задача 1. Гази**

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.

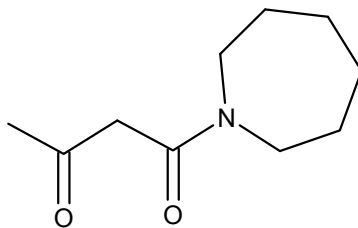
5. Як змінюється ступінь дисоціації CO<sub>2</sub> при зростанні тиску? Відповідь обґрунтуйте.

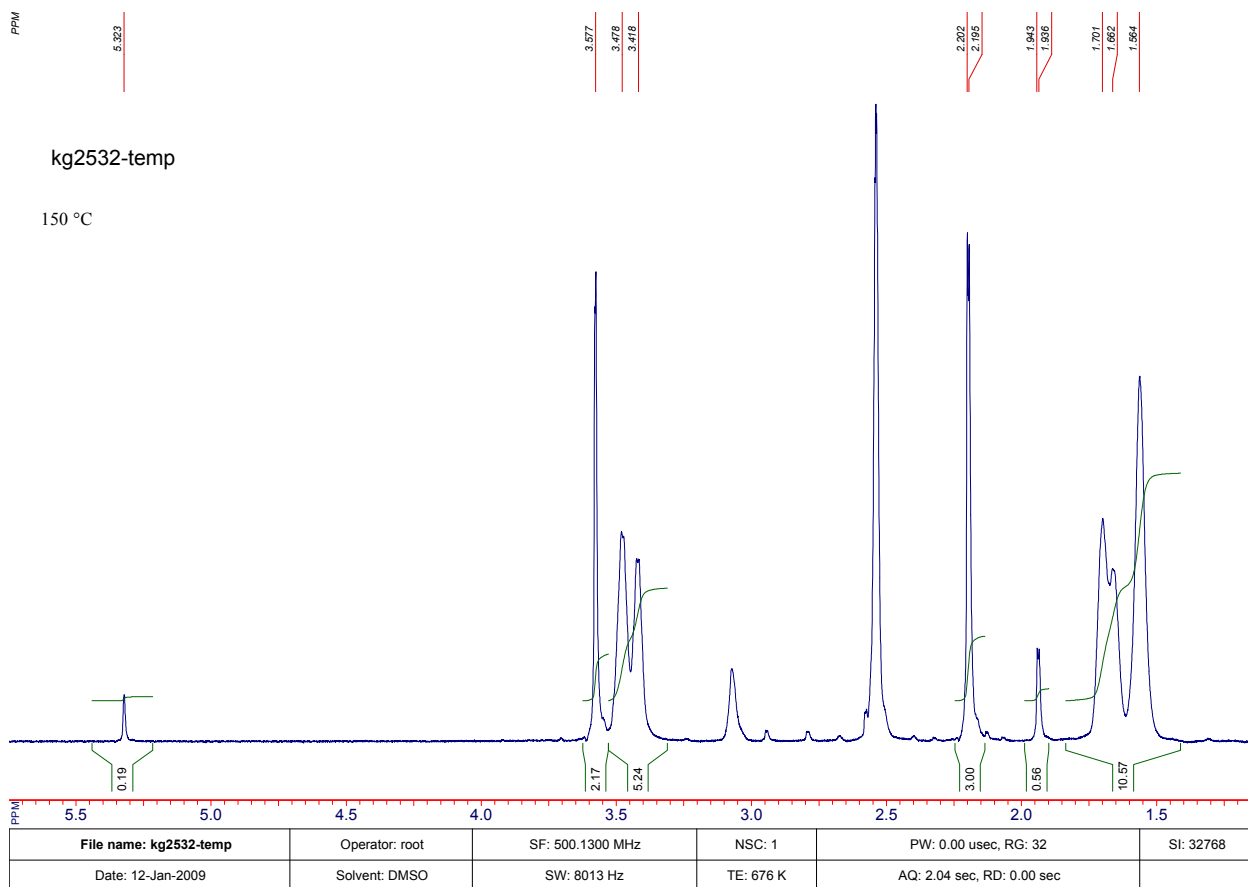
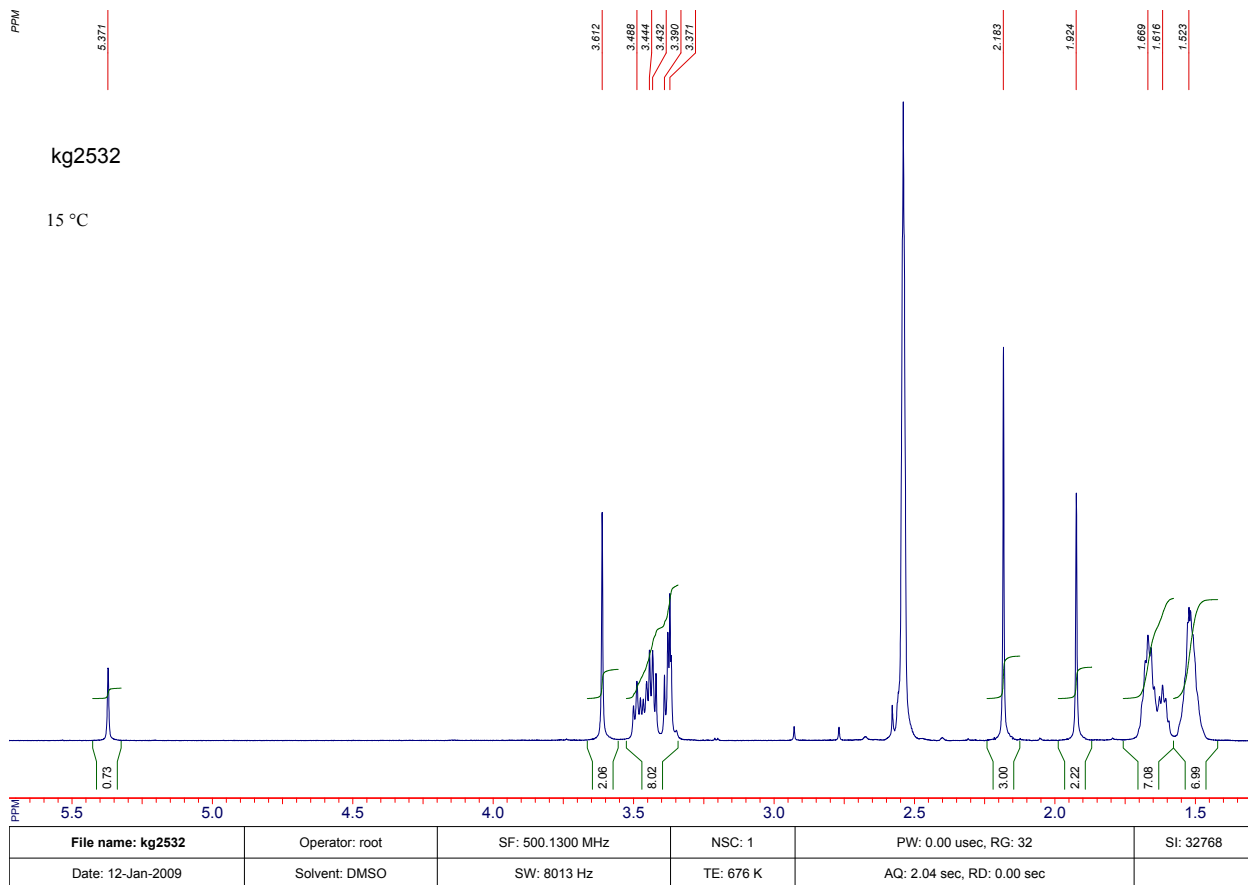
**Задача 2. Кето-снольна рівновага**

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

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 (DMSO-d<sub>6</sub>), виміряні при 15°C та 150°C:

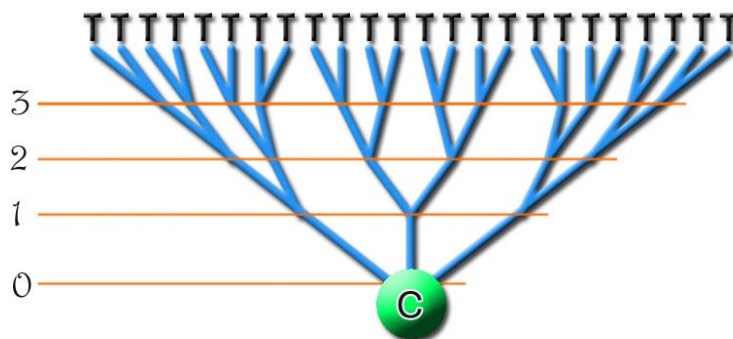
**A**



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 3. Дендримери

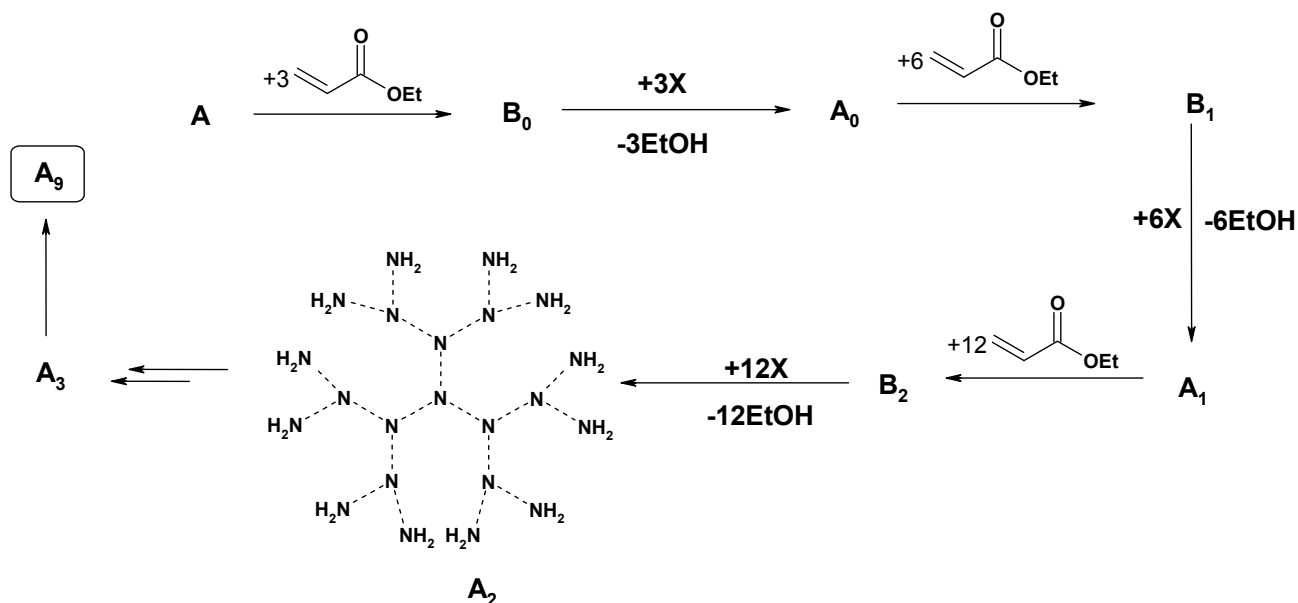
Можливість існування особливого виду полімерів – дендримерів – ще в 1952 році показав Пол Флорі, лауреат Нобелівської премії 1974 р., присудженої «за фундаментальні досягнення в царині теорії та практики фізичної хімії макромолекул». Хімія дендримерів протягом останнього часу бурхливо розвивається. Ці 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:



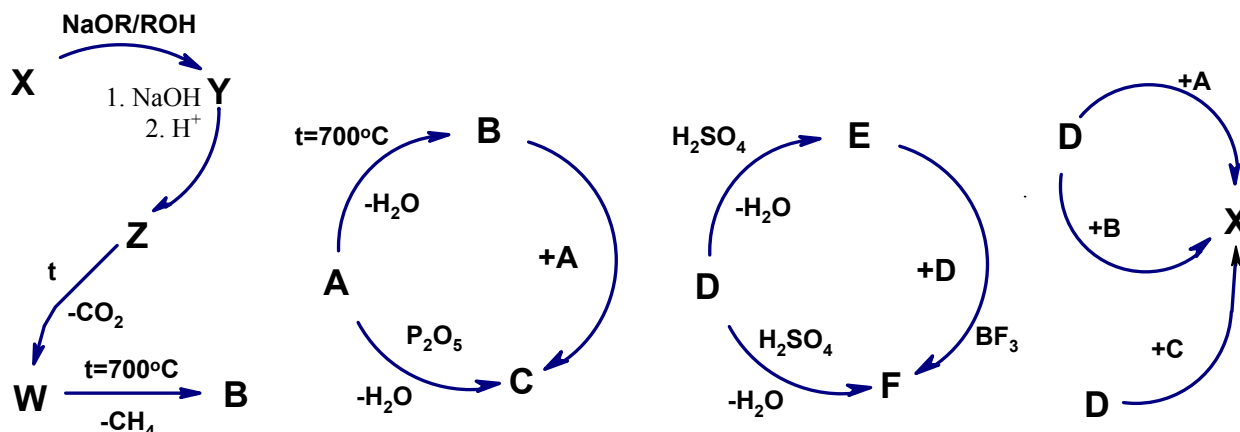


Речовина  $A_1$  в мас-спектрі має молекулярний пік ( $M^+$ ) = 1043 m/z, а речовина X в ПМР спектрі має 2 сигнали.

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  $\text{H}^+$  протонує лише  $-\text{NH}_2$  групи.

#### Задача 4. Перетворення-2009

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

### Задача 5. Неорганічні сполуки

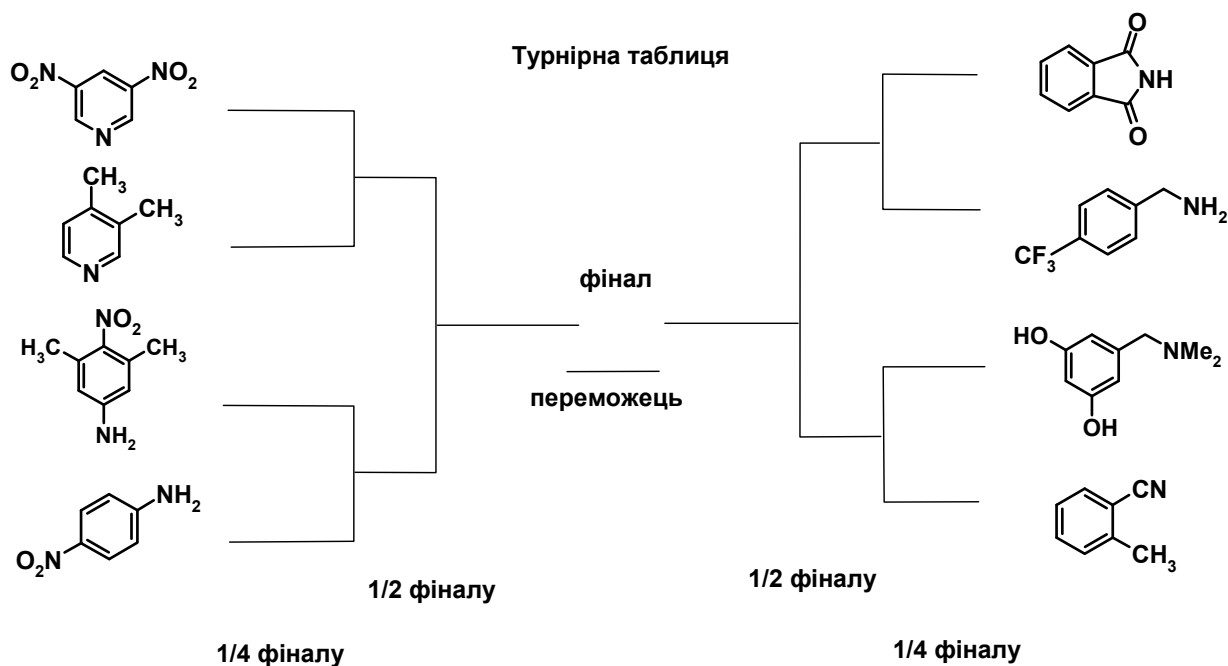
При нагріванні до  $1500^\circ\text{C}$  суміші 0,70 г простої речовини, утвореної елементом X, з надлишком вищого оксиду (Y) цього ж елемента відганяється 2,20 г твердої сполуки A. Обробка отриманої кількості A розчином HF призводить до утворення розчину кислоти B та 0,58 г твердого залишку C. Додавання надлишку  $\text{BaCl}_2$  до розчину B 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 C у водному KOH виділяється 560 мл (н.у.) водню. Нагрівання 0,29 г C 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 A–E, X, Y, Z. Запишіть рівняння хімічних реакцій.
2. Поясніть, чому Y є твердою сполукою з високою температурою топлення, хоча вищий оксид елемента, що знаходиться над X у Періодичній системі, є газом.
3. Намалюйте фрагменти структури речовин C та Y.

### 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?

**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](mailto: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 комплекту 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