



Шифр учасника (заповнюється журі)

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії

IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

**II тур
Фінал**

УМОВИ

**Київ
квітень 2023**

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії

IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

Пам'ятка учаснику олімпіади

1. Умови завдань надаються у форматі pdf.
2. Всі результати повинні бути записаними лише у відведених для цього полях. Все, що написано в будь-якому іншому місці, не оцінюється.
3. Повно та аргументовано відповідайте на питання, поставлені в умові задачі. Правильні твердження, що не мають відношення до поставлених у задачі питань, не оцінюються.
4. Викладайте розв'язки завдань зручною для вас мовою. Граматичні помилки не впливають на оцінку роботи.
5. Якщо в умові задачі не сказано інше, при розрахунках використовуйте значення молярних мас елементів з двома знаками після коми.
6. Якщо учасник наводить декілька варіантів відповідей на одне запитання, кожна неправильна відповідь буде знімати частину балів за все запитання, але сумарна кількість балів за неї не буде меншою за нуль.

Таблиця періодичної системи елементів

1																18	
1 H 1.008	2											13	14	15	16	17	2 He 4.003
3 Li 6.941	4 Be 9.012											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 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	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 [98]	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 La 138.91	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 (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra 226.0	89 Ac (227)	104 Rf (261)	105 Ha (262)													
		58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	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		
		90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (257)	101 Md (256)	102 No (254)	103 Lr (257)		

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

Довідкові матеріали

Опис	Значення константи/Формула
Константа автопротолізу води (за с.у.)	$K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$
Стала Авогадро	$N_A = 6,0221 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Універсальна газова стала	$R = 8,314 \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1} =$ $0,08205 \text{ атм} \cdot \text{л} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$
Стала Фарадея	$F = 96485 \text{ Кл} \cdot \text{моль}^{-1}$
Стала Планка	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Швидкість світла у вакуумі	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$
Нуль за шкалою Цельсія	273,15 K
Заряд електрона	$1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Нормальні умови (н.у.)	$T = 0 \text{ }^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K};$ $P = 1 \text{ атм} = 760 \text{ Торр} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па}$
Стандартні умови (с.у.)	$T = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K};$ $P = 1 \text{ Бар} = 10^5 \text{ Па}$
Середня молярна маса повітря	29 г/моль
Розмірність Ньютона	$1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$
Значення електрон-вольту в Дж	$1 \text{ еВ} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
Зв'язок між ентальпією та внутрішньою енергією	$\Delta H = \Delta U + p\Delta V$ (кількість речовини $n = \text{const}$)
Об'єм шара	$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$
Рівняння стану ідеального газу	$PV = nRT$
Енергія фотона	$E = hc / \lambda$
Вільна енергія Гіббса	$G = H - TS$
Кількість електрики	$Q = I \cdot t$
Рівняння Арреніуса	$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$
Рівняння Нернста	$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{(Ox_i)^{v_i}}{(Red_i)^{v_i}}$
Закон Бера–Бугера–Ламберта	$A = \varepsilon \cdot c \cdot l$
Рівняння Клапейрона-Клаузіуса (інтегральна форма)	$\ln p = -\frac{\Delta H^0}{RT} + \text{const}$
Ізобара хімічної реакції	$\left(\frac{\partial \ln K_a}{\partial T}\right)_p = \frac{\Delta H^0}{RT^2}$
Інтегральна форма ізобари реакції	$\ln K_a(T) = -\frac{\Delta H^0}{RT} + \text{const}$
Рівняння Фарадея (де $E_{\text{ел}}$ – електрохім. екв. речовини)	$m = \frac{E_{\text{ел}} \cdot Q}{F}$
Залежність між вільною енергією Гіббса, константою рівноваги та потенціалом	$\Delta_r G^0 = -RT \ln K = -nF \Delta E_{\text{комірки}}^0$
Кріоскопічне рівняння	$\Delta T = iK_m, [m] = \frac{\text{моль}}{\text{кг}}$

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії, 2023
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

ТАБЛИЦЯ РОЗЧИННОСТІ СОЛЕЙ, КИСЛОТ, ОСНОВ У ВОДІ
ПРИ ТЕМПЕРАТУРІ 25°C

АНІОНИ	НАЗВА АНІОНА	КАТІОНИ																							
		H ⁺	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Sr ²⁺	Ba ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Mn ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cd ²⁺	Ag ⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Hg ⁺	
OH ⁻	ГІДРОКСИД		М	Р	Р	Р	Н	М	М	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	·	Н	Н	·
F ⁻	ФЛУОРИД	Р	М	Р	Р	Р	Н	Н	М	М	М	Р	М	М	М	Р	Р	М	Н	Р	Р	М	Р	Р	Г
Cl ⁻	ХЛОРИД	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Р
Br ⁻	БРОМІД	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	М
I ⁻	ІОДИД	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	—	Р	Р	—	Р	Р	Н	М	М	Н	Н
CO ₃ ²⁻	КАРБОНАТ	М	М	Р	Р	Р	М	Н	Н	Н	—	—	Н	Н	—	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Г	—
SiO ₃ ²⁻	СИЛКАТ	Н	М	Р	Р	—	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	М	Н	Н	Г	—
NO ₂ ⁻	НІТРИТ	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Г	Г	Р	Р	Г	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Г	—
NO ₃ ⁻	НІТРАТ	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
CH ₃ COO ⁻	АЦЕТАТ	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Г	Р
PO ₃ ⁻	МЕТАФОСФАТ	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	—	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	—	Г	Г
PO ₄ ³⁻	ОРТОФОСФАТ	Р	М	Р	Р	Г	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
S ²⁻	СУЛЬФІД	М	Р	Р	Р	—	М	М	М	Р	Г	Г	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
SO ₃ ²⁻	СУЛЬФІТ	Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	Н	М	—	—	—	М	—	Н	Н	Н	М	М	М	Н	—	—	
SO ₄ ²⁻	СУЛЬФАТ	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	М	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	Р	Н

- | | | |
|--|---|---|
| Р - Розчинна речовина (розчинність більше 1г. на 100г. води) | Н - Практично не розчинна речовина (розчинність менше 0,01г. на 100г. води) | · - Речовина не стійка і розкладається при утворенні |
| М - Малорозчинна речовина (розчинність від 0,01г. до 1г. на 100г. води) | Г - Речовина існує, але взаємодіє з водою, її неможливо виділити з розчину (розчинність визначити неможливо) | — - Речовина не існує, або немає достовірних відомостей про її існування |

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

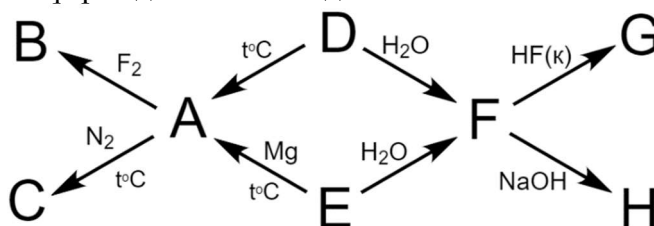
8 клас

Завдання 8.1. Необхідний в кожній сфері (Автор: Кона Іван)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	8.1.1	8.1.2	8.1.3	8.1.4	Сума
Максимум	3.333	2.667	1.667	2.333	10

Нижче наведена схема перетворень простої речовини А та її сполук, які знайшли широке застосування у багатьох сферах діяльності людини:



Також відомо:

- В усіх сполуках А проявляє найвищий ступень окиснення;
- З 6,96 г сполуки Е можна отримати 2,16 г речовини А;
- D – бінарний газ за нормальних умов, густина якого за азотом майже дорівнює 1;
- Масова частка Флуору в сполуці G дорівнює 86,56%;
- Мольні частки всіх елементів в H відносяться як 2 : 4 : 7.

8.1.1. Встановіть сполуки А-Н. Відповідь підтвердіть розрахунком.

А	В	С	Д
Е	F	G	Н

8.1.2. Напишіть рівняння реакцій, які приведені на схемі (8 реакцій).

8.1.3. Намалюйте сполуки В, D, F та аніон G. (Підказка щодо будови D наведена на схемі)

В	D	F	G

8.1.4. Співвіднесіть сполуки А, С, D та F-Н з їх застосуванням:

1. компонент високотемпературних матеріалів	4. електроніка, терморезистори тощо				
2. дезінфікуючий засіб, засіб від тарганів	5. ракетне паливо				
3. компонент розчину для гальванопластики.	6. компонент кольорового скла				
А	С	D	F	G	Н

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

Завдання 8.2. Теннантит (Автор: Зайченко Михайло)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	8.2.1	8.2.2	8.2.3	Сума
Максимум	3.5	3	3.5	10

Мінерал теннантит є доволі рідкісним та дорогим. Його відносять до групи тетраедриту, тому що він має цікаву особливість – у природі часто зустрічається у формі тетраедрів. Проте в залежності від місця, де було знайдено зразок, його склад може змінюватись.

Для точного визначення складу 1,00 г зразка було спалено в струмені кисню. В результаті утворився газ **A1**, та суміш оксидів **B** та **C**. Зібраний газ **A1** в суміші з повітрям пропустили над певним каталізатором за температури 500°C та отримали оксид **A2**. При взаємодії **A2** з водою утворюється кислота **A3**. У результаті взаємодії **A3** з надлишком розчину барій гідроксиду утворився білий осад **A4** масою 2,06 г.



8.2.1. Визначте A1, A2 та A3 та A4, якщо масова частка Барію в A4 дорівнює 58,84%, а пропусканням A2 крізь безводну речовину A3 отримують олеум. Наведіть відповідні рівняння реакцій.

A1 -	A2 -	A3 -	A4 -

Суміш оксидів **B** та **C** нагріли з вугіллям. В процесі реакції утворилося 0,203 г простої речовини, утвореної елементом **X**, яка кількісно сублимувалася. У твердому залишку залишилася червона проста речовина, утворена елементом **Y** масою 0,516 г. Також було отримано 300 мл чадного газу за температури 27,4°C та тиску 1,013 бар.

8.2.2. Визначте B, C, X та Y, якщо масова частка елементу X в сполуці B становить 75,74%. Наведіть відповідні рівняння реакцій.

B -	C -	X -	Y -

8.2.3. Визначте склад та формулу теннантиту, якщо його елементарна формула має цілі коефіцієнти.

--

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

Завдання 8.3. Нумо грати! (Автор: Минак Євгеній)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	8.3.1	8.3.2	8.3.3	Сума
Максимум	8	1	1	10

Нумо грати!

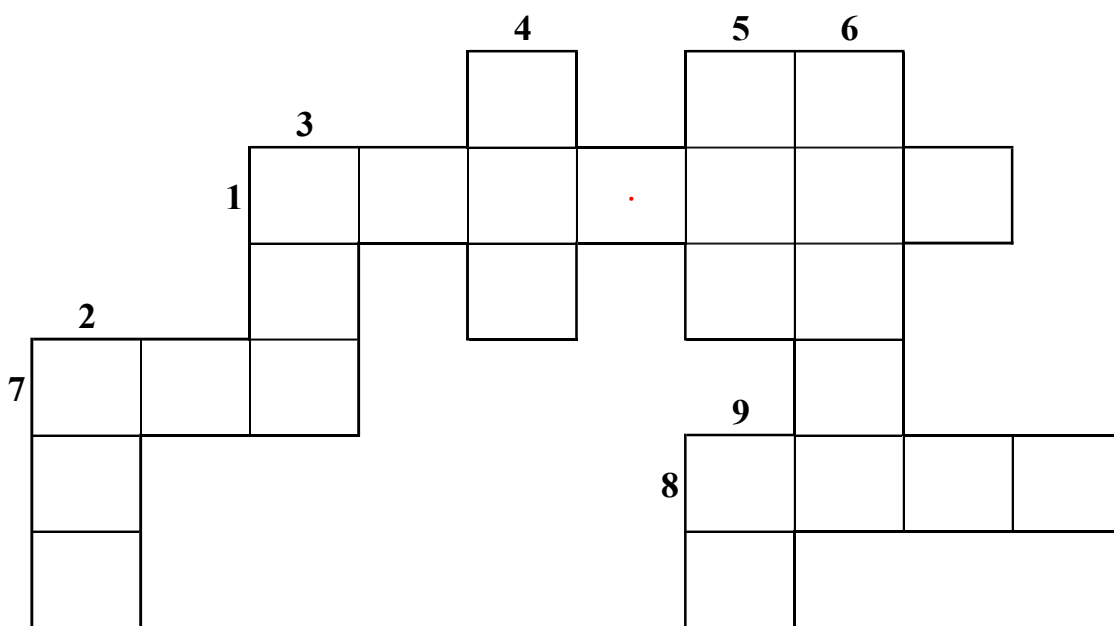
"Привіт, Юний Хімік. Звертаюсь до тебе по допомогу. Декілька місяців тому побачив цікавий кросворд в журналі «Хімічний Кременчук», але так і не зміг його розв'язати. Дійшов лише декількох висновків.

Головне, що всі речовини містять в собі елемент **X**, а одна зі сполук записана у вигляді гідрату. Речовина **5** є газом, що самозаймається на повітрі, утворюючи тверду речовину **2** та безбарвну рідину. Просту речовину елемента **X** можна отримати взаємодією сполуки **7** з металічним калієм.

Також в журналі розповідалося про широке використання сполуки **9**, наприклад, як абразив, напівпровідник та для імітації алмазу в ювелірних прикрасах.

Буду вдячний за будь-яку допомогу."

– дідусь Берцеліус



Пропонуємо Вам допомогти Берцеліусу вирішити кросворд, але спочатку домовимося про правила:

- У кожен клітинку кросворда може бути вписаний або символ елемента, або числовий індекс, або звичайні символи. Наприклад, формули мідного купоросу та кальцій ортофосфату у кросворді виглядали б так:

Cu	S	O	4	·	5	H	2	O
Ca	3	(P	O	4)	2	

- Формули вписуються зліва направо і зверху вниз. Послідовність елементів стандартна.
- Кожна сполука має свій номер від **1** до **9**, який розташований зліва або згори відповідно.

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

Так як навіть сам Берцеліус не зміг розгадати цей кросворд, то ми дамо вам ще декілька підказок:

- Концентрований водний розчин сполуки **6** називають рідким склом, а масова частка елемента **X** складає 23,01%
- Сполука **1** утворюється при взаємодії **6** з сильними кислотами
- Сполуку **8** можна отримати при прожарюванні **2** з вуглецем в атмосфері азоту.
- При взаємодії сполуки **2** з розбавленим розчином плавикової кислоти утворюється сполука **7**, яка в 1,632 рази легша за сполуку **3**.
- 1,000 г сполуки **4** взаємодіє з хлором у CCl_4 , після упарювання розчинника отримали лише твердий залишок масою 2,849 г.

8.3.1. Розшифруйте елемент **X** та речовини **1-9**, наведіть рівняння відповідних реакцій та заповніть кросворд.

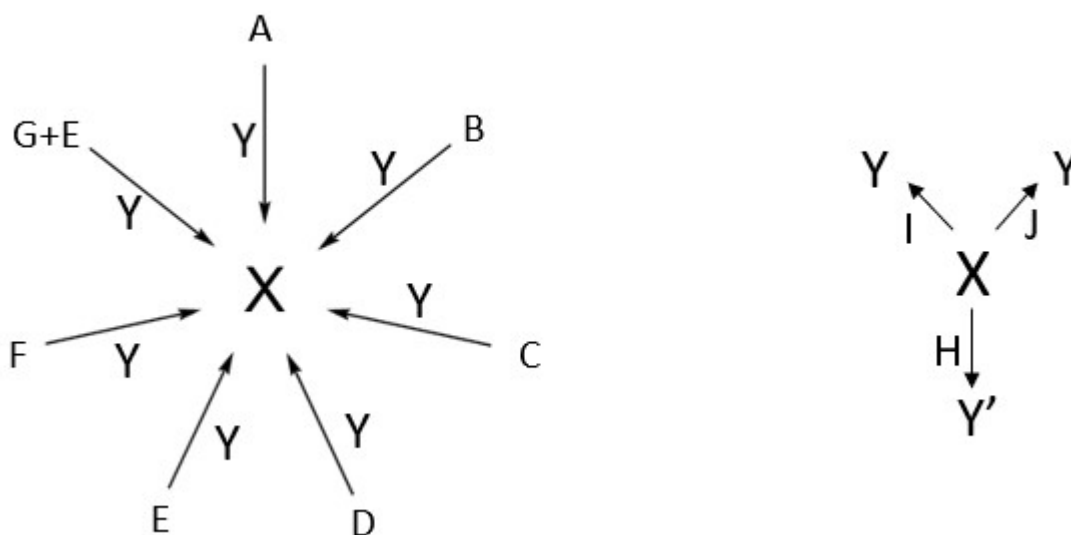
8.3.2. Намалюйте структурну формулу сполуки **2**.

8.3.3. Напишіть рівняння гідролізу сполук **4** та **5**. Яка з цих реакцій є окисно-відновною? Чому насправді повинно бути навпаки?

Завдання 8.4. Всі дороги ведуть у Рим X (Автор: Зуйков Антон)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	8.4.1	8.4.2	8.4.3	8.4.4	8.4.5	8.4.6	8.4.7	8.4.8	Сума
Максимум	0.5	0.75	1	1.5	0.75	3.5	1	1	10



Розчин **Y** реагує з **A, B, C, D, E** (концентрований розчин), **F**, сумішшю **G** і **E** з утворенням простої речовини **X** та інших речовин. **X** реагує з **I, J, H** з утворенням **Y**.

Підказка: використовуйте всі дані, а не тільки наведені перед відповідним пунктом, щоб розв'язати цей пункт.

I (газ за н.у. з неприємним запахом) містить Сульфур, причому масова частка Сульфуру в **I** становить 94,08%, інше – елемент, що утворює **J**.

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

8.4.1. Визначте I та J.

I –	J –

Сіль **G** утворюється при взаємодії бурого газу з гідроксидом натрію, причому інший продукт цієї реакції (теж сіль) при нагріванні розкладається з утворенням **G** і **F**.

8.4.2. Визначте G і F.

G –	F –

Відомо, що просту речовину **F** можна отримати реакцією взаємодії **L** та червоно-бурого **D** (обидві речовини є рідинами за н.у.) при кип'ятінні або при опроміненні світлом, або реакцією **A** (жовто-зелений газ за н.у., що схожий за природою до **D**) з **L**. **L** у свою чергу можна отримати з простих речовин **F** і **J** (гази за н.у.).

8.4.3. Визначте L, A і D.

A –	D –	L –

H містить 40,56% Сульфуру, 29,08% Натрію за масою, а також елемент, що утворює просту речовину **F**. Аніон солі **H** окиснюється за допомогою **D** у аніон кислоти **E**. У великих концентраціях кислота **E** є окисником, але пасивує залізо, алюміній та хром. **C** містить Купрум (II) і аніон кислоти **E**.

8.4.4. Визначте H, C, E.

C –	H –	E –

Реакція **X** з **J** оборотна. **Y** і **B** сильні кислоти. У **B** ступінь окиснення одного елементу +5, а єдиними продуктами реакції між **B** та **Y** є **X** та **L**. **Y'** є натрієвою сіллю кислоти **Y**.

8.4.5. Визначте X, Y, B, Y'.

B –	X –	Y –	Y' –

8.4.6. Наведіть рівняння всіх згаданих у задачі реакцій.

--

8.4.7. Зобразіть структурну формулу аніону солі **H та аніону кислоти **E**.**

--

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

8.4.8. Якого кольору гідратований двозарядний іон Купруму? Поясніть, чому концентровані розчини Купруму (II) хлориду іншого кольору? До речі, якого вони кольору?

Завдання 8.5. Скажені цифри (Автор: Зуйков Антон)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	8.5.1	8.5.2	8.5.3	8.5.4	8.5.5	8.5.6	Сума
Макимум	2	2	1	3	1	1	10

В навколишньому світі хімія речовин дивовижно різноманітна. Кожен клас речовин по-своєму цікавий та унікальний. У цій задачі Вам зустрінеться група сполук, які складаються з двох і більше речовин, одна з яких – вода, а інша може бути кислотою, основою, сіллю чи ще чимось. Мова йде про кристалогідрати. В загальному випадку (якщо мова не про кристалічну речовину), то гідрати. Гідрати є набагато поширеними, ніж Ви думаєте. Наприклад, навіть метан (основний компонент природного газу) утворює гідрат. На малюнку Ви бачите горіння гідрату метану $4\text{CH}_4 \cdot 23\text{H}_2\text{O}$. Це тверда речовина, схожа на сніг. Але далі мова піде про звичні нам кристалогідрати солей.



Хлорид мангану (II) кристалізується за різних температур у вигляді різних кристалогідратів. Так, в інтервалі температур $-2 \dots +58^\circ\text{C}$ кристалізується $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, за більших температур – $\text{MnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Розчинність хлориду мангану (II) у 100 г води за температури 0°C становить 63,4 г; за температури 58°C розчинність становить 108 г; за температури 100°C розчинність становить 115,3г. Приготували насичений розчин MnCl_2 у 100 г води за 100°C . Потім за деякий час охолодили розчин спочатку до 58°C , а потім до 0°C .

8.5.1. Розрахуйте кількість речовини хлориду мангану, що випав в осад при охолодженні розчину до 58°C .

8.5.2. Знайдіть масу кристалізаційної води в осаді при повному охолодженні (зі 100°C до 0°C).

8.5.3. Наведіть рівняння реакції перманганату калію з калій хлоридом у присутності сульфатної кислоти та реакції сульфатної кислоти з еквівалентною кількістю натрій карбонату.

До 450 мл води додали 138,88 г мінералу карналіту ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) та 28,6 г кристалічної соди $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Після цього до розчину одночасно додали 261,33 г 75% сульфатної кислоти та сухий перманганат калію. Виділилося 2 гази (прийміть, що гази виділилися повністю, без розчинення у воді). Гази зайняли об'єм 13,44 л за н.у.

8.5.4. Знайдіть молярну концентрацію кожного іону, присутнього в розчині (густина 1,2 г/мл) після повного проходження всіх реакцій.

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

Йон	Концентрація, моль/л	Йон	Концентрація, моль/л

Сульфатна кислота дисоціює за двома ступенями повністю.

Густина чистої води 1 г/мл.

8.5.5. Визначте масу води в розчині (після проходження всіх реакцій) з попереднього пункту.

--

8.5.6. Позначте правильні твердження:

Твердження	Так
Йони MnO_4^- та Cl^- не можуть співіснувати в будь-якому розчині	
Cl_2 поглинається лужними розчинами	
Розчинність CO_2 у воді зростає зі збільшенням кислотності	
$CuSO_4$ не має забарвлення на відміну від його кристалогідрату	
При зменшенні концентрації ступінь дисоціації слабких електролітів збільшується	

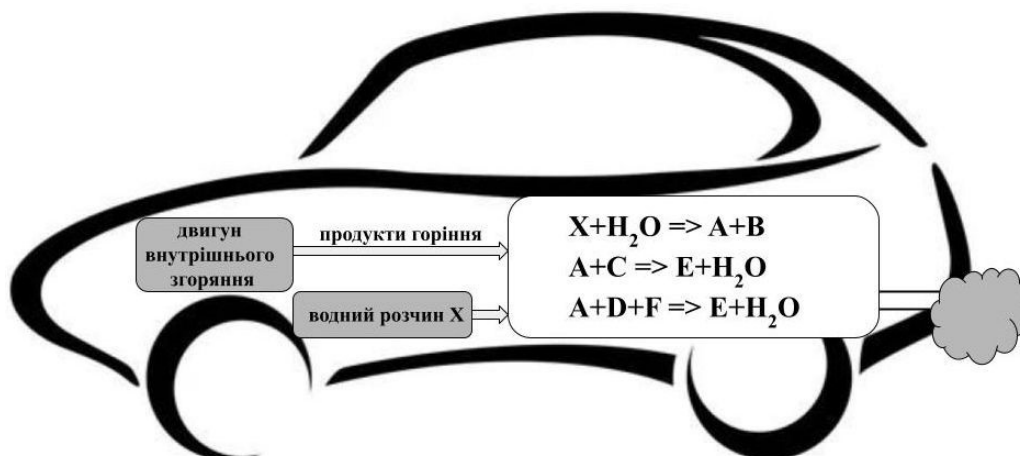
Завдання 8.6. Екологічні авто (Автор: Мишастий Андрій)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	8.6.1	8.6.2	8.6.3	Сума
Максимум	2.5	6	1.5	10

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

В кінці XIX століття німецький винахідник та інженер Рудольф Дизель презентував світу двигун внутрішнього згоряння. Він прийшов на зміну паровим машинам з вкрай низьким коефіцієнтом корисної дії і швидко отримав широке застосування в промисловості і транспорті. В основі роботи двигуна лежить процес згоряння суміші повітря і дизельного палива, яке є продуктом переробки сирової нафти. Окрім самого тепла, яке є ключовим в роботі механізму двигуна, утворюються продукти згоряння палива – в основному вуглекислий газ і вода. І дизельне паливо, і повітря є сумішами речовин, тому в процесі горіння утворюється велика кількість побічних продуктів шкідливих для довкілля.



Для нейтралізації оксидів Нітрогену у продуктах згоряння палива за однією з технологій використовують водний розчин речовини **X**. Нагрівання розчину **X** веде до утворення бінарної сполуки **A** (масова частка Нітрогену 82,35%) та оксиду **B**, що не підтримує горіння. Далі речовина **A** реагує з оксидами Нітрогену **C** (масова частка Нітрогену 30,43%) і **D** (масова частка Нітрогену 46,67%). Під час реакції **A** з **C** утворюється проста речовина **E** (не підтримує горіння) та вода. А для реакції **A** з **D** додатково ще потрібна речовина **F** (підтримує горіння). Якісний склад продуктів такий самий як і в попередній реакції.

8.6.1. Визначте формулу речовини **X**, якщо її водний розчин з масовою концентрацією 32,5% має наступний елементний вміст: Н - 9,67%, N - 15,17%, С - 6,50% і решта - Оксиген.

--

8.6.2. Розшифруйте усі речовини, **підтвердіть**, де потрібно, розрахунками.

A –	B –	C –
D –	E –	F –

8.6.3. Наведіть хімічні реакції, що згадані в задачі.

--

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

9 клас

Завдання 9.1. (Автор: Ганопольський Антон)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	9.1.1	9.1.2	9.1.3	9.1.4	9.1.5	9.1.6	Сума
Максимум	3	1	1	2	1	2	10

Молекула **A**, одна з ключових, що використовується для моделювання походження життя на землі. Її відносно висока реакційна здатність, а також здатність до утворення складних органічних продуктів в ході різноманітних перетворень дозволяють висунути гіпотезу про її ключову роль в походженні життя. Ця сполука містить три дуже розповсюджені в органічних молекулах хімічні елементи, а відсоток карбону в ній складає 44,44% за масою.

В молекули **A** існує ізомер **B**, що широко розповсюджений в міжгалактичному просторі. Вони можуть відносно легко переходити один в інший за певних умов.

За умов радикальної реакції між **A** і **B** може утворитися бінарна сполука **C**. Проте основним джерелом газу **C** є процес взаємодії CuSO_4 з продуктом реакції **A** з гідроксидом калію (речовина **X**).

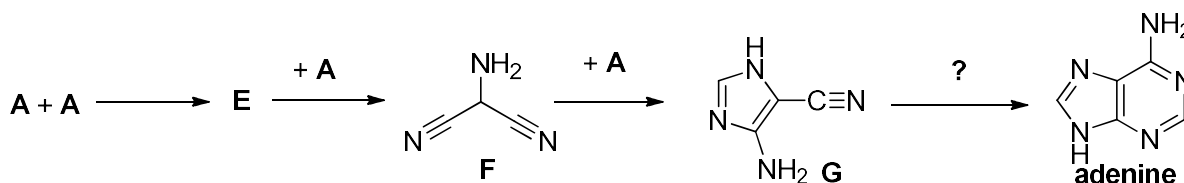
Сполука **C** також має ізомер **D**, що був детектований лише в холодних космічних хмарах. При цьому більш поширеним як на Землі так і в космосі залишається **C**.

9.1.1. Розшифруйте всі вищезгадані сполуки, наведіть їх структурні формули та формули Люїса.

A –		B –	
Структурна	Люїса	Структурна	Люїса
C –		D –	
Структурна	Люїса	Структурна	Люїса

9.1.2. Наведіть рівняння утворення **C** з сполуки **A**.

Згідно сучасних теорій нуклеїнова основа, наприклад аденін, могла утворитися в міжкосмічному просторі зі сполуки **A** за наведеною нижче схемою.



Спочатку в результаті димеризації утворюється димер **E**, далі, послідовне приєднання ще двох молекул **A** веде до формування **F** та **G** відповідно. Остання і перетворюється на аденін.

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

9.1.3. Запропонуйте молекулу з описаних в задачі, додавання якої до **G** веде до утворення аденіну.

9.1.4. Зобразіть всі потенційно можливі структури **E**. **Наведіть** всі ізомери, що не протирічають правилу октету, реальною стабільністю та існуванням запропонованих ізомерів знехтуйте.

9.1.5. Який з цих димерів найбільш підходить для перетворення в F?

Відомо, що сполука **C** та її ізомер **D** здатні до спонтанної полімеризації при кімнатній температурі.

9.1.6. Наведіть елементарну ланку (мінімальний фрагмент, що повторюється) для полімеру **C*** та його ізомеру **D***.

Полімер C*	Полімер D*

Завдання 9.2. (Автор: Кудрик Олександр)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	9.2.1	9.2.2	9.2.3	9.2.4	9.2.5	9.2.6	Сума
Максимум	1,5	2	1,5	2	2	1	10

CaSO_4 – малорозчинна у воді сполука з добутком розчинності $K_{sp}=4,93 \cdot 10^{-5}$.

9.2.1. Розрахуйте розчинність CaSO_4 у г/л.

9.2.2. Встановіть максимальну концентрацію розчину CaCl_2 у г/л, щоб зливання 100 мл цього розчину та 100 мл розчину Na_2SO_4 з концентрацією 2,84 г/л не призвело до утворення осаду.

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

Розчинність деяких сполук може бути збільшена за рахунок комплексоутворення. Відомо, що у водному розчині Ni^{2+} утворює комплекси з аміаком з координаційним числом $KЧ=6$. Враховуючи, що $K_{sp}(\text{NiCO}_3)=6,6 \cdot 10^{-9}$; $\beta_6([\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+})=1,1 \cdot 10^8$, **розрахуйте:**

9.2.3. Розчинність NiCO_3 у воді в г/л.

9.2.4. Розчинність NiCO_3 у 0,05М водному розчині аміаку в г/л.

Використання полідентатних лігандів, наприклад бідентантного етилендіаміну ($\text{en} - \text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_2\text{NH}_2$), призводить до утворення більш стабільних комплексів ($\beta_3([\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+}) = 2,1 \cdot 10^{18}$).

9.2.5. Розрахуйте розчинність NiCO_3 у 0,1М водному розчині етилендіаміну в г/л.

9.2.6. Як називається описаний вище ефект? **Поясніть** причину його виникнення.

Завдання 9.3. (Автор: Пашко Михайло)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	9.3.1	9.3.2	9.3.3	9.3.4	9.3.5	9.3.6	Сума
Максимум	4	2	0,5	1,5	1	1	10

При вирішенні цієї задачі використовуйте атомні маси хімічних елементів з точністю до цілого значення.

Сполука **X** – безбарвна, рідина, яка використовується як ракетне паливо та реагент у синтезі фармацевтичних препаратів, пластиків і барвників. Вона може бути синтезована при взаємодії газу **A** та натрієвої солі **B**. Газ **A** безбарвний із характерним різким запахом, та може бути отриманий при взаємодії двох простих речовин **C** і **D** за наявності каталізатору. Сіль **B** може бути отримана при взаємодії газу **E** із холодним розчином гідроксиду натрію. При спалюванні речовини **X** утворюється газ **C** та рідина **F**, а при термічному розкладі останньої суміш газів **A** та **D**. При взаємодії речовини **X** з речовиною **E** утворюється газ **C** та речовина **G**. Речовина **G** – тверда сполука білого кольору, що добре розчинна у воді. Проте термічно речовина **G** не дуже стабільна та може розкладатись на **X** та кислоту **H** при нагріванні вище 350°C . При взаємодії сполуки **G** з концентрованим розчином кислоти **H** утворюється сполука **I**. Кислота ж **H** може бути отримана при взаємодії газу **E** з речовиною **D**.

9.3.1. Розшифруйте усі невідомі речовини якщо при спалюванні 1г речовини **X** утворюється 0.875 г речовини **C**, та при додаванні до водного розчину 1 г речовини **G** надлишку нітрату срібла утворюється 2.09 г білого осаду.

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

X –	A –	B –	C –	D –
E –	F –	G –	H –	I –

9.3.2. Наведіть рівняння усіх реакції, про які йдеться в задачі (10 штук).

--

9.3.3. Які умови та каталізатор потрібні для отримання сполуки A зі сполук C і D?

--

9.3.4. Зобразіть структури сполук X, A, B, G та вкажіть гібридизацію центральних атомів.

X		A	
Структура	Гібридизація	Структура	Гібридизація
B		G	
Структура	Гібридизація	Структура	Гібридизація

Речовина X добре розчинна у воді та часто зберігається у формі водного розчину. Для визначення концентрації речовини X у воді взяли 10 мл водного розчину та додали надлишок сірчаної кислоти. Після цього, отриманий розчин титрували 1М розчином калій перманганату. На досягнення точки еквівалентності (коли при додаванні перманганату утворювалось стійке рожеве забарвлення) знадобилось 25 мл розчину.

9.3.5. Запишіть рівняння відповідної реакції та розрахуйте молярну концентрацію речовини X у воді.

--

Речовина X у водному розчині має лужний рН, оскільки сполука X є слабкою основою.

9.3.6. Розрахуйте рН 1М розчину сполуки X, якщо її $K_b=3 \cdot 10^{-6}$.

--

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

Завдання 9.4. (Автор: Пашко Михайло)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	9.4.1	9.4.2	9.4.3	9.4.4	9.4.5	9.4.6	9.4.7	Сума
Максимум	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	10

При нагріванні хлоретан може розкладатись на етилен та хлороводень за наступним рівнянням:



Для вивчення кінетики реакції термічного розкладу хлоретану виміряли залежність його концентрації від часу при температурі 500 °С, отримані результати наведені у таблиці.

t, хв	0	2	5	10	15	30	60
C(C ₂ H ₅ Cl), М	0,2	0,191	0,177	0,157	0,140	0,0972	0,0474

9.4.1. Розрахуйте порядок реакції розкладу хлоретану та константу її швидкості.

9.4.2. Розрахуйте швидкість реакції в початковий момент часу та через 20 хвилин після початку реакції.

9.4.3. Через який час розкладеться 90% хлоретану?

При проведенні реакції за температури 600 °С половина хлоретану розкладається за 7,33 хвилини.

9.4.4. Розрахуйте енергію активації для цієї реакції.

Для компонентів описаної реакції відомі наступні термодинамічні величини:

Речовина	C ₂ H ₅ Cl(г)	C ₂ H ₄ (г)	HCl(г)
ΔH_f^0 , кДж/моль			-92,3
ΔS^0 , Дж/моль*К	275,9	219,5	186,9

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

Також відомі ентальпії для наступних реакцій:



Виходячи з цих даних:

9.4.5. Обчисліть ентальпію реакції розкладу хлоретану.

9.4.6. Розрахуйте енергію Гіббса та константу рівноваги для реакції розкладу хлоретану при 500 °С.

9.4.7. Серед наведених нижче тверджень для реакції розкладу хлоретану виберіть правильні.

- а) швидкість реакції збільшується при підвищенні температури.
- б) швидкість реакції збільшується при підвищенні тиску.
- в) константа рівноваги збільшується при підвищенні температури.
- г) константа рівноваги зменшується при підвищенні температури.
- д) константа рівноваги збільшується при підвищенні тиску.
- е) константа рівноваги зменшується при підвищенні тиску.

Завдання 9.5. (Автор: Кона Іван)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	9.5.1	9.5.2	9.5.3	9.5.4	9.5.5	9.5.6	Сума
Максимум	2	2	2	2,5	0,75	0,75	10

Щороку авторитетне нумізматичне видання World Coin News проводить Міжнародний конкурс "Монета року". До колекції найкращих монет 2022 увійшли дві відомі українські монети, одна з яких перемогла у номінації "Найкраща монета про сучасну подію" (малюнок наведений праворуч). Вона присвячена 25-річчю прийняття Конституції України, що є головним джерелом національного права і однією з основ української ідентичності.



Ця монета виробляється з двометалевого сплаву, що містить деяку кількість інших компонентів. Обидва з металів **A** та **B** відносяться до однієї групи розширеного варіанту таблиці Менделєєва, масові частки цих металів в їх оксидах становлять 88,82 % та 93,09 % відповідно.

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

9.5.1. Визначте, з яких металів (А та В) складається українська монета. Відповідь підтвердьте розрахунком.

Для визначення вмісту металів **А** та **В** монету (маса складає 31,1 г) повністю розчинили у гарячій концентрованій нітратній кислоті, а отриманий розчин перенесли у колбу місткістю 500,0 мл (**Розчин 1**). 100,0 мл розчину 1 перенесли у колбу місткістю 250,0 мл і довели до мітки (**Розчин 2**).

В якості аналітичного дослідження були обрані методики титрування, описані нижче. Перед початком титрування, було приготовлено два стандартні розчини – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ та NaCl . Відомо, що на титрування йоду, який виділяється в результаті взаємодії 112,90 мг $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ з надлишком KI у кислому середовищі, необхідно 15,35 мл приготовленого розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, а для того, щоб відтитрувати 10 мл стандартного розчину NaCl необхідно 15,95 мл 0,05 М розчину AgNO_3 .

9.5.2. Напишіть рівняння реакцій, що проходять під час визначення концентрації стандартних розчинів $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ та NaCl та розрахуйте ці концентрації.

Далі за допомогою отриманих стандартів проводили титрування вищезгаданих **розчинів 1 та 2** за наступними методиками.

Титрування № 1. До аліквоти **розчину 1** об'ємом 40,00 мл додали реагенти для створення необхідного рН та надлишок розчину KI . Отриману суспензію титрували стандартним розчином $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ з крохмалем в якості індикатору. Визначення повторили тричі, об'єм титранту склав 18,61, 18,45, 18,53 мл.

Титрування № 2. Перед титруванням у відібраних 100,00 мл **розчину 2** видалили усі NO_3^- групи за допомогою іонного обміну. Після цього до аліквоти 10 мл отриманого розчину додали кілька крапель індикатору хромату калію (K_2CrO_4). Розчин став жовтим через утворення осаду **Х**. Отриманий розчин відтитрували стандартним розчином NaCl . На титрування витратили 26,57, 26,61, 26,65 мл розчину.

9.5.3. Запишіть рівняння усіх згаданих реакції в іонно-молекулярній формі (по 2 рівняння).

Титрування № 1	Титрування № 2

9.5.4. Розрахуйте масові частки металів **А** та **В** у сплаві. У розрахунках використовуйте середнє значення об'єму титранту.

9.5.5. Поясніть, навіщо перед титруванням № 2 в розчині прибрали всі нітрат йони?

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

9.6.3. Наведіть визначення що таке каталізатор.

9.6.4. При збільшенні кількості каталізатору в реакційній суміші в 2 рази чи обов'язково збільшиться швидкість реакції в 2 рази?

9.6.5. Яка розмірність кожної з запропонованих порівняльних величин (вихід реакції, TON та TOF)?

9.6.6. Які недоліки є у кожної з наведених порівняльних характеристик?

9.6.7. Чи є запропоновані порівняльні величини характеристикою каталізатору, яка не змінюється від умов?

Для певної реакції $Y \rightarrow Z$ спробували підібрати найбільш оптимальні умови, що наведені в Таблиці 1.

Каталізатор	Кількість каталізатору відносно реагенту (%)	Час реакції (год)	Вихід реакції (%)	TON	TOF (год ⁻¹)
D	5	18	72		
E	5	18	82		
F	5	18	87		
H	5	18	56		
D	10	18	91		
F	2,5	18	72		
F	5	24	89		

9.6.8. Довніть таблицю значеннями TON і TOF.

9.6.9. На основі даних з Таблиці 1, **вказіть**, яка з наведених сполук має найбільшу каталітичну активність в даній реакції і **аргументуйте**, чому.

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

Після звершення реакції для відділення каталізатору (наприклад, сполуки **D**) від органічних сполук реакційну суміш промивають водним розчином амоніаку, при цьому змив має синє забарвлення.

9.6.10. Наведіть рівняння реакцій (2 штуки), що відбуваються.

--

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

металотермічному відновленні за допомогою магнію утворює А. З 10,00 г Б можна отримати 6,707 г та 2,902 г речовин В та Г, відповідно.

10.1.4. Визначте зашифровані речовини.

А –	Б –	В –	Г –	Д –
Е –	Ж –	З –	І –	

10.1.5. Запишіть рівняння реакцій, згаданих вище.

10.1.6. Чому при розкладі комплексу Е неможна використовувати надлишок лугу? Відповідь проілюструйте рівнянням відповідної реакції.

10.1.7. Наведіть структуру аніону комплексу З та вкажіть гібридизацію центрального атому.

10.1.8. Де застосовуються побічні сполуки В та Д (по два для кожної).

В:
1.
2.
Д:
1.
2.

10.1.9. Зазвичай мінерал Б містить також домішки заліза. На якій стадії виробництва А відбувається відділення цих домішок? Наведіть іонне рівняння відповідної реакції.

Завдання 10.2 Крейдяні бурульки, (Автор: Анохін Дмитро)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	10.2.1	10.2.2	10.2.3	10.2.4	10.2.5	10.2.6	10.2.7	10.2.8	10.2.9	10.2.10	10.2.11	10.2.12	Сума
Максимум	1	1	0,5	0,5	0,5	1	1	1,5	0,5	1	0,5	1	10

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

Сталактити та сталагміти — це дивні нарости на стелях та дні печер. Їхня довжина може досягати декількох метрів. Їхній ріст відбувається наступним чином: вода, що просочується у печери, вимиває карбонат кальцію. За певних умов, розчинений карбонат кальцію відкладається на стелі або на підлозі печери. На цих зародках кристалізуються нові порції карбонату кальцію і, таким чином, кристал росте.



10.2.1. Які чинники впливають на розчинність CaCO_3 у воді?

- а) Температура.
- б) Освітлення.
- в) рН розчину.
- г) Жорсткість води з якої відбувається осадження.
- д) Зовнішній тиск.

10.2.2. Розрахуйте об'єм води (л), який необхідний для розчинення 1,00 кг CaCO_3 ($\lg DP(\text{CaCO}_3) = -8,52$; зміною об'єму при розчиненні та гідролізом карбонату знехтуйте).

У повітрі міститься діоксид вуглецю, вміст якого є основним фактором росту сталактитів. Об'ємна частка CO_2 у повітрі складає 0,04 об. %.

10.2.3. Запишіть рівняння реакції розчинення CaCO_3 у воді з участю CO_2 в іонній формі.

10.2.4. Як повинен змінитися парціальний тиск CO_2 , щоб з розчину CaCO_3 почався ріст сталактиту? Відповідь поясніть.

10.2.5. Покажіть, що для розчину з п.3: $2[\text{Ca}^{2+}] = [\text{HCO}_3^-]$.

10.2.6. Розрахуйте, як і в скільки разів зміниться розчинність карбонату кальцію при тиску повітря 1,00 атм, з урахуванням вмісту CO_2 , в порівнянні з п.1. ($pK_{a1}(\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 6,35$; $pK_{a2}(\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 10,33$; $K_p(\text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 0,0331$ моль/(л·атм)).

Газована вода містить вуглекислий газ у відносно великій кількості. Її виробляють, пропускаючи вуглекислий газ під високим тиском через воду.

10.2.7. Який тиск CO_2 потрібний, щоб розчинність CaCO_3 у воді складала 0,01 моль/л?

10.2.8. Виведіть залежність мольної частки CO_3^{2-} від рН розчину.

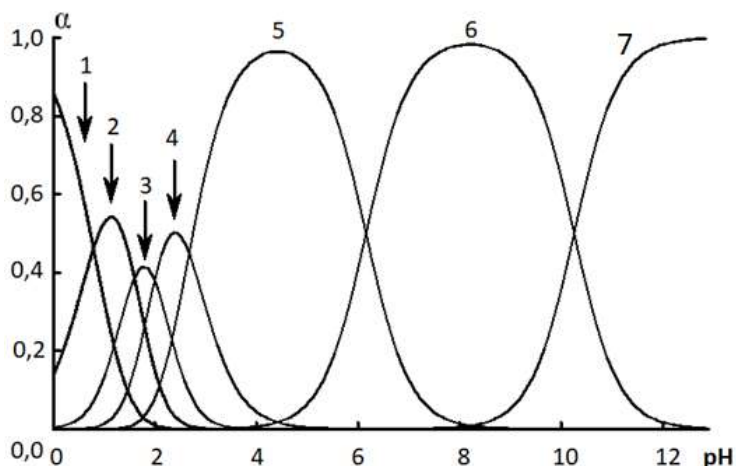
Ще один спосіб розчинити карбонат кальцію, який застосовується для видалення накипу, це використання комплексонів, зокрема ЕДТА (H_4Y).

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

10.2.9. Наведіть структурну формулу ЕДТА. У якій формі частіше за все ця сполука застосовується? Яка особливість її будови обумовлює її сильні комплексоутворюючі здатності?

Нижче зображено залежність концентрації різних форм ЕДТА від рН:

Співвіднесіть цифри на рисунку з тими чи іншими формами ЕДТА в розчині (використовуйте позначення, похідні від нейтральної форми «Н₄Y»).



1	2	3	4	5	6	7

10.2.10. Яка з форм має найбільшу концентрацію за рН = 2,5?

10.2.11. Оцініть, за якого рН концентрації форм 5 та 2 є рівними?

Завдання 10.3 Добре забудьте старе? 😊 (Автор: Коломієць Олександр)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	10.3.1	10.3.2	10.3.3	10.3.4	10.3.5	10.3.6	10.3.7	10.3.8	10.3.9	10.3.10	10.3.11	Сума
Максимум	0,25	0,25	1,75	1,5	1	2	0,25	1	1	0,5	0,5	10

Для реакції синтезу амоніаку (процесу Габера) було змішано азот та водень. Початковий тиск N₂ дорівнює 2 бар, а тиск H₂ - 1 бар.

10.3.1. Запишіть рівняння синтезу амоніаку за процесом Габера.

10.3.2. Запишіть вираз для константи рівноваги K_p синтезу амоніаку в процесі Габера.

10.3.3. Розрахуйте константу рівноваги для даної реакції (K_p) при 298К, за умови що у рівновазі загальний тиск дорівнює 2,34 бар, а система знаходиться при сталому об'ємі.

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

$K_p =$

10.3.4. Розрахуйте K_c та K_x для вищезазначеної реакції.

$K_c =$

$K_x =$

10.3.5. Розрахуйте значення вільної енергії Гіббса (ΔG°) при 298K?

Вважайте, що цей процес проводили ізотермічно. Експериментально були виміряні константи рівноваги для певних температур.

$T, ^\circ C$	200	250	300	325	350	400	425
$\ln K$	-0,4	-2,64	-4,5	-5,31	-6,05	-7,37	-7,96

10.3.6. Визначте графічним способом ΔH° та ΔS° виходячи з наведених вище даних.

10.3.7. Процес Габера екзо- чи ендо- термічний? Відповідь аргументуйте.

10.3.8. Як саме зміниться вихід амоніаку даної реакції («+» збільшиться, «-» зменшиться, «0» залишиться незмінним) якщо:

А) Додати Аргон (Ar) в систему?	
Б) Збільшити температуру?	
В) Додати в систему Азот (N_2)?	
Г) Зменшити об'єм системи вдвічі?	

А тепер уявіть, що процес проводять при сталому тиску. Для процесу Габера відомо наступне:

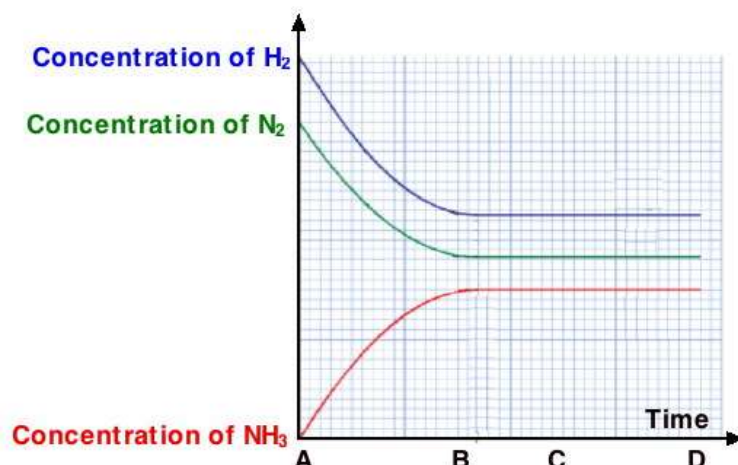
Сполука	C_p (Дж моль ⁻¹ К ⁻¹)
$N_{2(g)}$	29,12
$H_{2(g)}$	28,82
$NH_{3(g)}$	35,06

10.3.9. Розрахуйте зміну значення ΔH° синтезу амоніаку для температури 250 °С, якщо залежність ентальпії від температури описується рівнянням $\Delta H_{T_2}^\circ = \Delta H_{T_1}^\circ + \Delta C_p \Delta T$.

10.3.10. Як зміниться рівняння зазначене у пункті 7, якщо процес буде відбуватися при сталому об'ємі?

10.3.11. На приведеному графіку зображено залежність концентрації реагуючих речовин від часу. Позначте, в якій саме точці (А,В,С або D) система досягла рівноваги і поясніть свою відповідь.

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

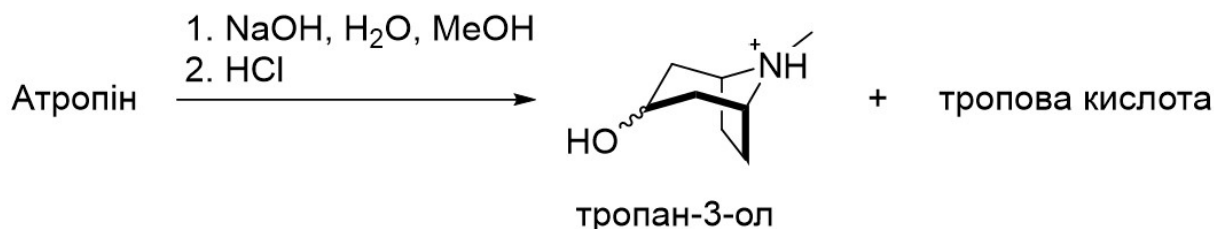


Завдання 10.4 Атропін (Автор: Мельніков Костянтин)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	10.4.1	10.4.2	10.4.3	10.4.4	10.4.5	10.4.6	10.4.7	Сума
Максимум	0,5	0,5	4	1	0,5	3	0,5	10

Атропін (лат. Atropinum) — алкалоїд, блокатор М-холінорецепторів, алкалоїд беладони, блекоти, дурману та деяких інших рослин родини пасльонових. Атропін використовують для лікування певних типів отруєнь нервово-паралітичними речовинами, зокрема зарином, зоманом та ін. Атропін – естер тропової кислоти та тропан-3-олу.



10.4.1. Намалюйте стереоізомери тропан-3-олу.

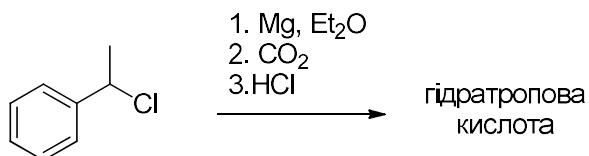
10.4.2. Розрахуйте молекулярну масу тропової кислоти, якщо відомо, що для гідролізу 1,00 г атропіну необхідно 0,138 г NaOH.

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

Тропова кислота здатна окиснюватись реагентом Джонса ($\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$) та гарячим розчином KMnO_4 . При чому, в останньому випадку утворюється сполука з брутто-формулою $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$. Тропову кислоту піддали наступним перетворенням:



Гідратропову кислоту можна синтезувати за допомогою реакції Гріньяра з (1-хлороетил)бензену за наведеною нижче схемою. Дане перетворення відбувається через дві проміжні сполуки **I1** та **I2**.



10.4.3. Розшифруйте усі сполуки.

Тропова кислота:	Сполука А:
Атропова кислота:	Гідратропова кислота:
Продукт окиснення тропової кислоти реагентом Джонса:	Продукт окиснення тропової кислоти KMnO_4 :
I1	I2

10.4.4. Намалуйте енантіомери гідратропової кислоти та назвіть їх за RS-номенклатурою.

--	--

10.4.5. Скільки стереоізомерів має атропін?

--

10.4.6. Наведіть продукти реакції PhMgBr (де Ph - феніл) з наступними речовинами:

- А) CO_2
- Б) етиленоксид;
- В) диметилкетон;

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

- Г) фенілметилкетон;
- Д) етилацетат;
- Е) нітрил пропіонової кислоти.

10.4.7. Наведіть механізм реакції утворення атропової кислоти з речовини А.

Завдання 10.5 Все навпаки (Автор: Волочнюк Дмитро)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	10.5.1	10.5.2	10.5.3	10.5.4	10.5.5	10.5.6	10.5.7	Сума
Максимум	1	4,5	2,5	0,25	0,5	0,75	0,5	10

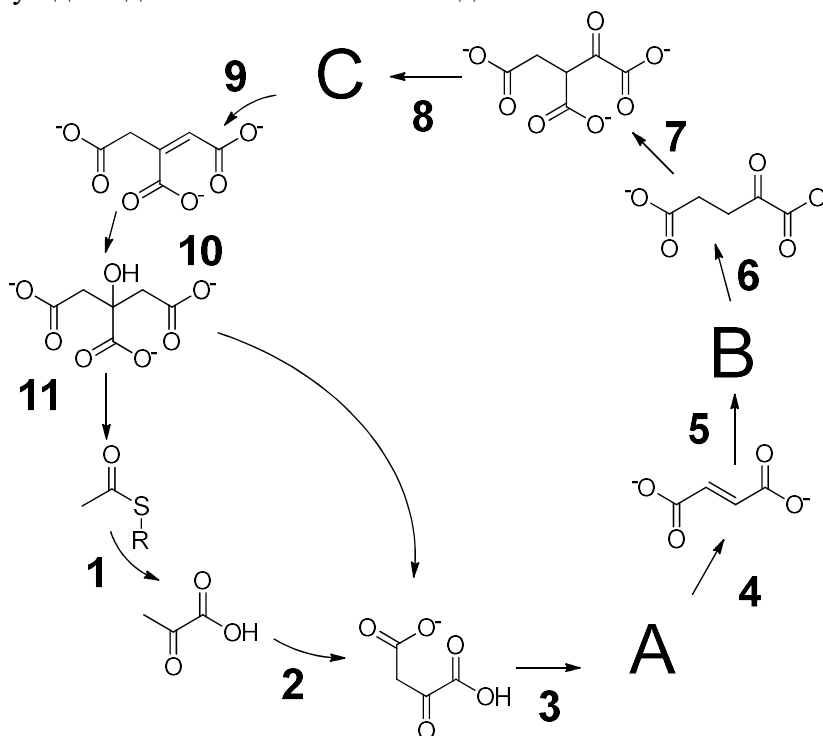
Метаболізм – це сукупність хімічних перетворень, що протікають в живих організмах для синтезу макромолекул, генерування енергії, гасіння реакційних сполук, детоксифікації отрут тощо. Живі організми шляхом еволюції набули здатності проводити тисячі різних хімічних перетворень одночасно. Проте ці перетворення завжди каталізуються ензимами – білками-каталізаторами. Метаболізм поділяється на 2 групи реакцій:

- Катаболічні, що зменшують складність молекули (наприклад гідроліз амідів).
- Анаболічні, що збільшують складність молекул.

10.5.1. Вкажіть, які реакції, катаболічні чи анаболічні, генерують енергію в клітинних процесах, виходячи з понять про ентропію реакції.

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

Ензими не могли існувати з ранніх часів зародження життя, оскільки вони є досить складними молекулами, тому дослідники намагаються відповісти на запитання про можливість само-виникнення метаболічних циклів – комплексів реакцій, що генерують енергію, споживаючи низькомолекулярні сполуки без участі в них ензимів. Нещодавно, в 2020 році французьким вченим вдалося отримати без-ензиматичний метаболічний цикл, який включає 11 основних перетворень як зображено на рисунку. Цей цикл «починається» з тиоестеру **1** та після низки перетворень утворює речовину **A**, що вступає в зворотну реакцію **4**. Для збільшення ланцюга в реакціях **2**, **6**, **7** до молекули приєднується CO_2 (реакція карбоксилювання).



10.5.2. Намалуйте структури сполук **A**, **B** і **C**.

A	B	C
----------	----------	----------

10.5.3. Співвіднесіть кожен крок реакції з загальним описом механізму.

Відновлення	Приєднання CO_2 без зміни ступеню окиснення	Приєднання CO_2 зі зміною ступеню окиснення	Дегідратація	Гідратація

Цей цикл не може відбуватися без додавання металів як реагентів або каталізаторів. Так, для існування цього циклу необхідне додавання металічного заліза в хлоридній кислоті. Додавання цієї суміші на одній зі стадій циклу (**1**, **2** або **3**) запустило його, включно до формування сполуки **C**.

10.5.4. Яка зі стадій **1**, **2**, або **3**, має включати Fe/HCl як реагент? Відповідь аргументуйте.

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

10.5.5. Які ще стадії циклу можуть відбуватися при додаванні суміші Fe/HCl? Відповідь аргументуйте.

Окрім суміші Fe/HCl, дослідники використовували суміш Zn^{2+} з Cr^{3+} для каталізу певних **зворотних** стадій циклу. В кінцевій суміші зміни ступеня окиснення хрому не було відмічено.

10.5.6. Які стадії стають можливими завдяки суміші іонів цинку та хрому? Відповідь аргументуйте.

10.5.7. Якщо подібна система і могла б існувати в клітинному організмі, то вона на один цикл затрачувала б дві молекули АТФ, через те, що дві стадії в циклі не є вигідними за енергією Гіббса. Які ці стадії? Відповідь аргументуйте.

Завдання 10.6 Ще зелений хімік 😊, (Автор: Іваниця Микита)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	10.6.1	10.6.2	10.6.3	10.6.4	10.6.5	10.6.6	10.6.7	Сума
Максимум	3,5	1,2	1,2	1	0,5	0,6	2	10

Юний хімік дуже хотів отримати неорганічну сполуку зеленого кольору. Проте солей нікелю чи хрому в нього не було, тому учень вирішив піти власним шляхом! В хімічному кабінеті йому вдалось знайти кристали колись дуже доступної речовини **A** чорно-фіолетового кольору, яка при розчиненні у воді навіть у малих концентраціях дає розчин фіолетового кольору. До складу **A** входить перехідний елемент **X**, для якого характерні сполуки в різних ступенях окиснення, а сама речовина **A** є сильним окисником. Наприклад, взаємодія **A** з цукрозою ($C_{12}H_{22}O_{11}$) в присутності розведеної сірчаної кислоти веде до виділення вуглекислого газу та утворення безбарвного розчину сполуки **B**. Обережне додавання до **A** концентрованої сульфатної кислоти на холоді веде до утворення оксиду **C**, який з цукрозою взаємодіє з вибухом. Продуктами цієї реакції є вуглекислий газ і оксид **D**. **D** також є доступною сполукою елемента **X** і в шкільних дослідах часто використовується як каталізатор розкладу H_2O_2 .

10.6.1. Визначте елемент **X** і формули речовин **A**, **B**, **C**, **D**. Запишіть рівняння реакцій, що описані вище. Біля кожної реакції вказіть, чи є вона окисно-відновною.

X	A	B	C	D

Хімік знайшов в літературі відомості про зелений колір солі **E** (вміст **X** – 27,60 мас.%), яка має подібний до **B** якісний, але відмінний кількісний склад. Для отримання **E** він обережно змішав **A** з концентрованою сірчаною кислотою в тиглі та нагрів спочатку до 70°C. При цьому відбувалося активне виділення кисню, після закінчення якого він нагрів реакційну суміш і витримав певний час при 150-200 °C. Після охолодження й промивання декантацією він відфільтрував зелені кристали **E** та висушив їх у вакуумі. Проте спроба зробити зелений

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

розчин не вдалась: при розчиненні у воді **E** утворюється фіолетово-бурий розчин, який при стоянні знебарвлюється. Як пізніше було знайдено в літературі, це сталося внаслідок диспропорціонування **E** на **B** і **D**.

10.6.2. Визначте сіль E. Запишіть рівняння реакцій, які описані в цьому абзаці.

E –

Крім того, юний дослідник вирішив отримати іншу сполуку елементу **X** зеленого кольору – **F**. **F** разом з **D** є продуктами розкладу **A** при нагріванні. Проте значно простіше отримати **F** виявилось шляхом нагрівання **A** в розчині **KOH**, при цьому розчин з фіолетового став зеленим, а при його охолодженні на льодяній бані випали зелені кристали сполуки **F** (вміст **X** – 27,87 мас.%).

10.6.3. Визначте сполуку F. Запишіть рівняння реакцій, які описані в цьому абзаці.

F –

10.6.4. Сполука A веде себе дуже по-різному в залежності від рН середовища. Наведіть іонні рівняння реакцій A з K_2SO_3 в присутності H_2SO_4 , KOH та в нейтральному розчині. Поясніть, чому A по-різному взаємодіє з відновником в цих реакціях?

Пояснення:

10.6.5. Для деяких реакцій хіміку доводилося готувати розведений розчин сульфатної кислоти. Чи є важливим порядок змішування води і кислоти при одержанні розведеного розчину H_2SO_4 ?

--

10.6.6. Речовина D часто використовується для демонстрації отримання хлору. Чи можна для цієї задачі використати A? Запишіть відповідні рівняння реакцій, вказавши умови.

--

10.6.7. За допомогою яких реагентів можна зробити обернені перетворення речовин B, C, D, E, F назад в A? Запишіть відповідні рівняння реакцій.

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

11 клас

Завдання 11.1. Оксиди Карбону (Автор: Григоренко Олександр)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	11.1.1	11.1.2	11.1.3	11.1.4	11.1.5	11.1.6	11.1.7	Сума
Максимум	2	2	0.9	0.4	1.5	2	1.2	10

Всім відомо, що Карбон утворює два найпоширеніших оксиди – чадний та вуглекислий гази, CO та CO₂. Проте існують оксиди Карбону й більш складної будови. Одержання одного з таких оксидів (**X**, містить 50.0% Карбону) починається тримеризацією газуватого вуглеводню **A** у присутності п-толуенсульфонової кислоти, що приводить до утворення речовини **B**. Окиснення **B** азотною кислотою дає кислоту **C**, яка при нагріванні з бензоїлхлоридом зазнає дегідратації та перетворюється на **X**.

Відомо, що густина сполуки **A** за нормальних умов становить 2.41 г/л, спектр ¹³C ЯМР сполуки **A** містить два сигнали при 77.6 та 3.4 м.ч., а речовини **B** та **X** містять однакову кількість атомів Карбону.

11.1.1. За допомогою розрахунків *встановіть брутто-формули* речовин **A** та **X**. *Зобразіть* структурні формули всіх ізомерних вуглеводнів, що відповідають знайденій вами брутто-формулі **A**.

Брутто-формула A	
Брутто-формула X	

Ізомери, що відповідають брутто-формулі **A** (C₄H₆):

11.1.2. *Наведіть* структурні формули речовин **A–C** та **X**.

--	--	--	--

11.1.3. *Співвіднесіть* сигнали у спектрі ¹³C ЯМР сполуки **A** та *поясніть* значення хімічних зсувів.

--

11.1.4. Як зміняться значення хімічних зсувів у спектрі ¹³C ЯМР при переході від **A** до **B** (*зробіть позначку* біля правильної відповіді)?

	Обидва зростають
	При 77.6 м.ч. – зросте, при 3.4 м.ч – спаде
	При 77.6 м.ч. – спаде, при 3.4 м.ч – зросте
	Обидва спадають

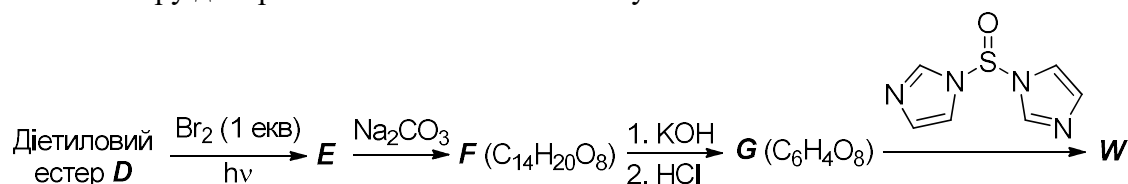
LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

Інший нестійкий оксид Карбону **Y** (53.0% Карбону, найпростіша та брутто-формули співпадають) утворюється при нагріванні дикарбонової кислоти **D** з надлишком оксиду Фосфору (V).

11.1.5. За допомогою розрахунків *встановіть* брутто-формулу **Y**, *зобразіть* його структурну формулу та *наведіть* рівняння його утворення

Брутто-формула Y		Структура Y
Рівняння реакції утворення Y		

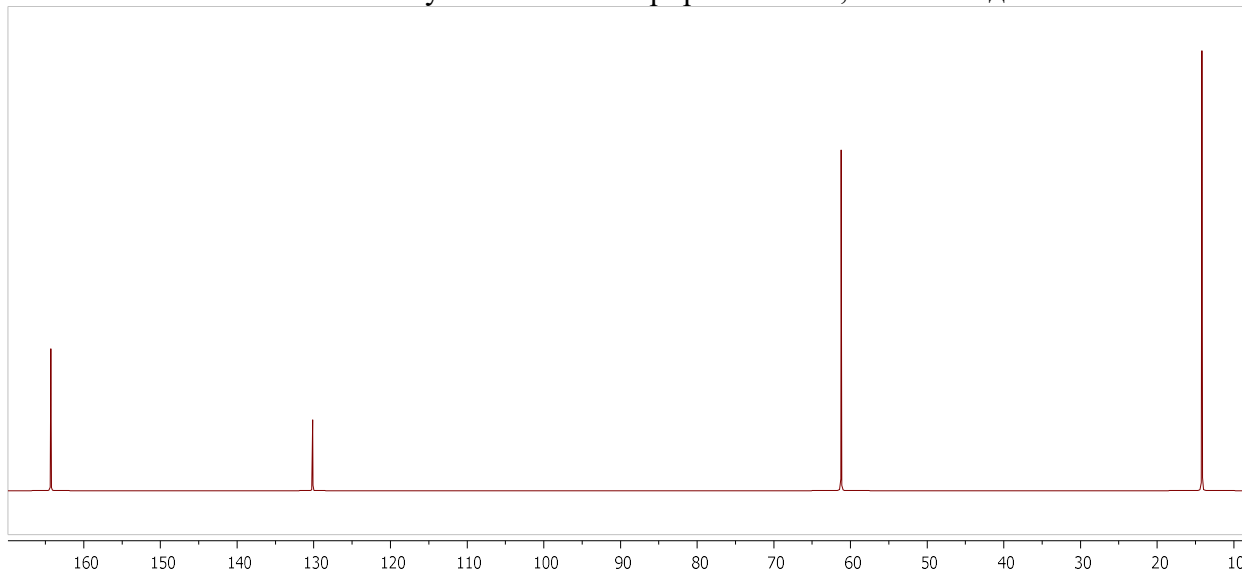
У свою чергу, оксид Карбону **W** (найпростіша формула CO) може бути синтезований з діетилового естеру дикарбонової кислоти **D** за наступною схемою:



11.1.6. *Наведіть* структурні формули речовин **E – W**.

--	--	--	--

11.1.7. *Співвіднесіть* сигнали у ¹³C ЯМР спектрі речовини **F**, який наведено нижче:



Хім. зсув, м.ч.	165.0	134.7	61.4	14.2
-----------------	-------	-------	------	------

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

Атом ^{13}C	$\text{C}=\text{O}$	$\text{C}=\text{C}$	CH_2	CH_3
----------------------	---------------------	---------------------	---------------	---------------

Завдання 11.2. Калій (Автор: Лянунов Олександр)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	11.2.1	11.2.2	11.2.3	11.2.4	11.2.5	11.2.6	Сума
Максимум	1	1	2	2	2	2	10

Атомна маса елемента у Періодичній системі визначається експериментально та залежить від співвідношення ізотопів, маси яких визначено з великою точністю. Природний Калій на даний момент має атомну масу 39,0983. Маса нуклідів та вміст ^{40}K (атомні частки, %) наведено у таблиці.

11.2.1. Розрахуйте вміст ізотопів у природній суміші.

	^{39}K	38,96371	
	^{40}K	39,96400	0,0117
	^{41}K	40,96183	

Відомо, що ізотоп ^{40}K є радіоактивним та розпадається за двома найімовірнішими каналами:



11.2.2. Запишіть рівняння відповідних ядерних реакцій. **Назвіть** типи розпаду.

За легендою, близько 3,8 млрд років тому нашу планету з метою каталогізації відвідали прибульці (приблизно співпадає з віком найдавніших форм життя), виміряли атомні маси і розподіл ізотопів усіх елементів та занесли до відповідної таблиці.



11.2.3. Розрахуйте вміст ізотопу ^{40}K на той момент. Період напіврозпаду ^{40}K становить 1,248 млрд років.

Вміст ^{40}K	, ат %

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

11.2.4. Визначте значення атомної маси Калію на той момент (Якщо Ви не виконали п.1, використовуйте значення вмісту ізотопів ^{39}K та ^{41}K 95% та 5%, відповідно).

Атомна маса К	

За іншою легендою, у глибинах океану, де немає сонячного світла, гама-кванти, що випромінюються у процесі $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$, генерують певну кількість фотонів і саме тому деякі глибоководні організми мають величезні очі. Маса нукліду ^{40}Ar становить 39,96238.



11.2.5. Розрахуйте енергію гамма-кванту, що випромінюється за цим типом розпаду.

--

За третьою легендою, природна радіоактивність Калію може призводити до хибного спрацьовування чутливих детекторів радіації навіть на харчові продукти або добрива, що багаті на цей елемент. Відомо, що активність деякої сполуки Калію **X** становить 11340 Бк/кг, а активність ізотопу ^{40}K – 272000 Бк/г.



11.2.6. Встановіть формулу **X** (відмітьте формулу у таблиці).

KF	KCl	KBr	K ₂ SO ₄	K ₃ PO ₄
	K ₄ [Fe(CN) ₆]	K ₂ [PtCl ₆]	K ₂ CO ₃	KNO ₃

Завдання 11.3. Неорганічна хімія (Автор: Пашко Микола)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	11.3.1	11.3.2	11.3.3	Сума
Максимум	5.5	1.5	3	10
	(11*0.5)	(3*0.5)	(5*0.6)	

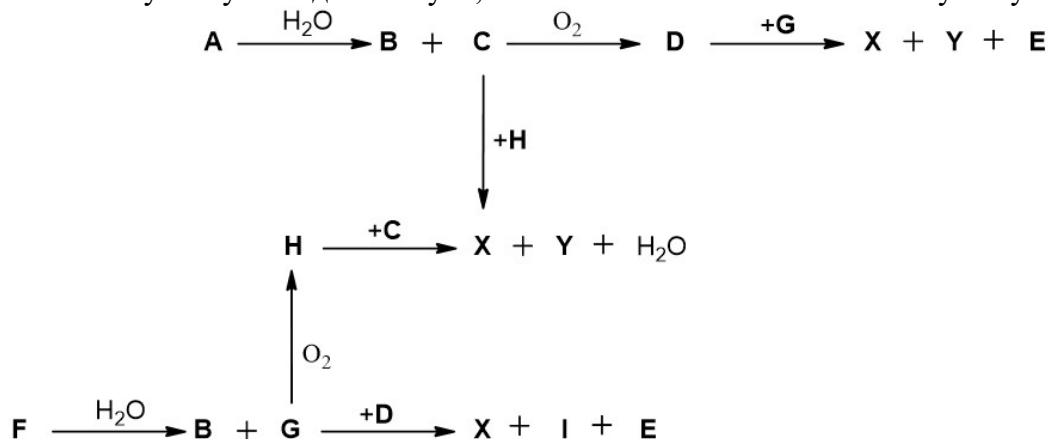
Речовини **A** і **F** є бінарними сполуками (сульфід та селенід), що містять спільний елемент. При розчиненні **A** у воді утворюється осад речовини **B** та газ **C**. При розчиненні у воді речовини **F** утворюється осад **B** та бінарний газ **G** з масовою часткою водню 2.47%. При прожарюванні осад **B** втрачає 34.62% маси. Гази **C** і **G** можуть бути окиснені киснем з утворенням газу **D** та твердої речовини **H** відповідно. Взаємодія речовин **D** і **G** може проходити різними шляхами. Якщо через водний розчин **D** продувати газ **G**, то випадає осад з двох простих речовин **X** та **Y** і утворюється розчин кислоти **E** ($\omega\text{Y} = 32.65\%$). При пропусканні через водний розчин **G** газу **D** утворюється осад простої речовини **X** та розчин двох кислот **I** ($\omega\text{Y} = 56.64\%$) і **E**. Взаємодія **H** та **C** не залежить від порядку додавання реагентів і приводить

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

до утворення простих речовин X і Y та води. Усі згадані агрегатні стани речовин наведені за н.у.

Описані перетворення наведені нижче у вигляді схеми.

11.3.1. Визначте зашифровані речовини A-I, X, Y якщо відомо що густина за воднем газу G в 2.38 разів більша за густину за воднем газу C, а атомна маса X більша за атомну масу Y.

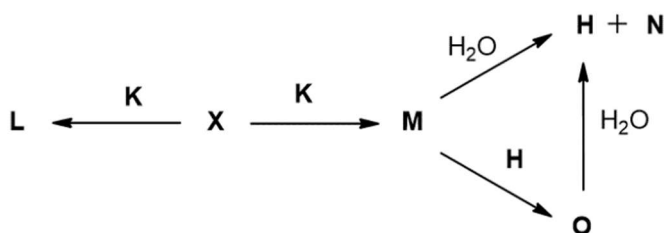


A –	B –	C –
D –	E –	F –
G –	H –	I –
X –	Y –	

11.3.2. Напишіть рівняння реакцій взаємодії D і G та H і C.

$D \xrightarrow{+G}$	
$G \xrightarrow{+D}$	
$H + C \longrightarrow$	

Проста речовина X може по різному взаємодіяти з газуватим галогеном K. При взаємодії з надлишком газу K утворюється газ L ($\omega X = 40,93\%$), що не реагує з водою та розчином луку за кімнатної температури. Якщо речовина X взаємодіє з розрахованою кількістю газу K при низьких температурах, то утворюється реакційноздатна рідина M ($\omega X = 50,97\%$), яка димить на повітрі та дуже активно реагує з водою, утворюючи речовину H і кислоту N. При взаємодії M з одним еквівалентом H утворюється речовина O, яка при реакції з водою також утворює H і N.

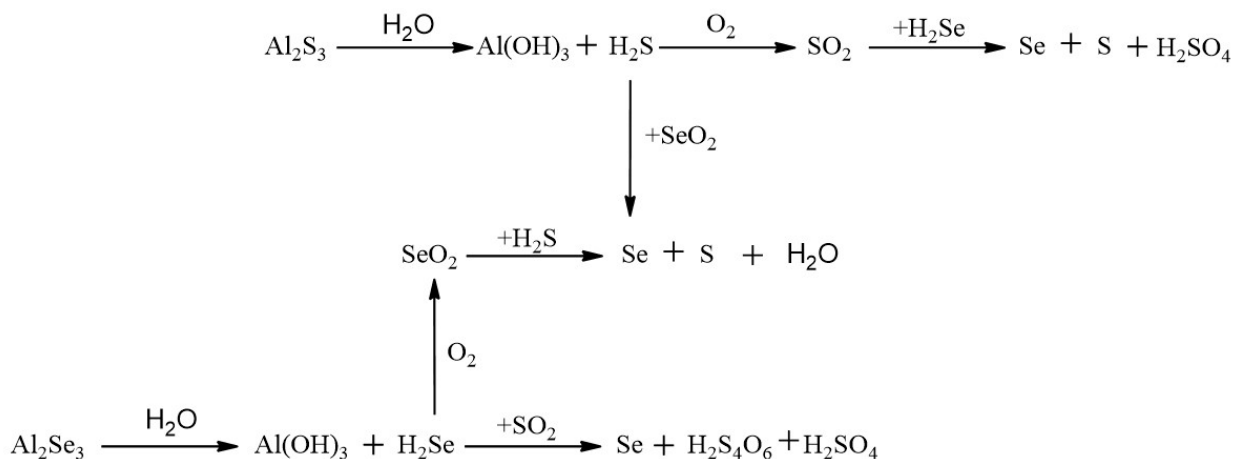


LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

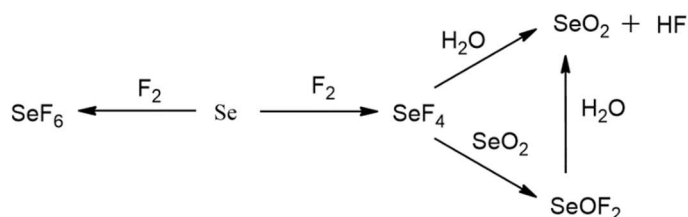
11.3.3. Визначте речовини К-О.

К –	Л –	М –
Н –	О –	

1)



3)



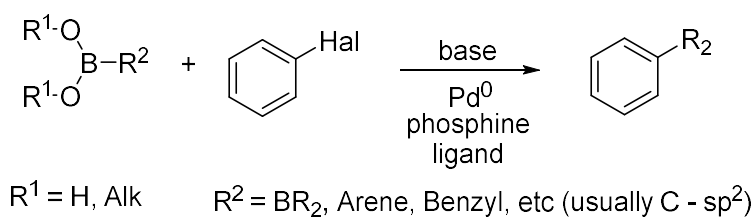
Завдання 11.4. Реакція Сузукі (Автор: Авраменко Микола)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

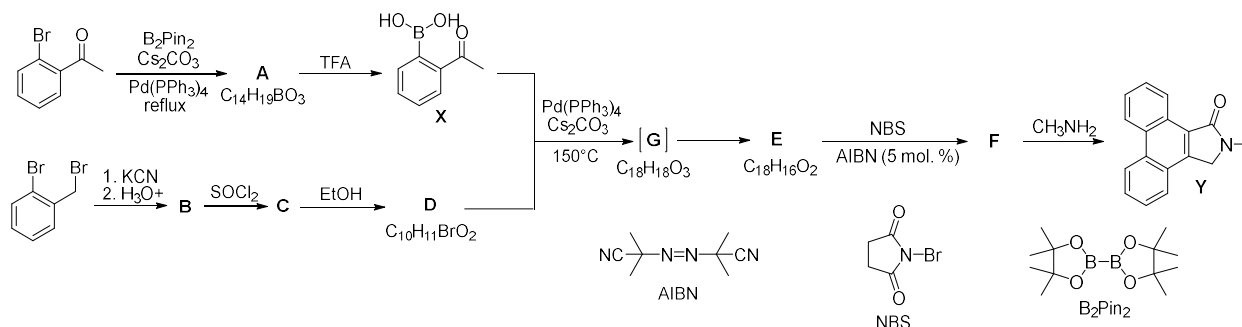
Питання	11.4.1	11.4.2	11.4.3	11.4.4	11.4.5	Сума
Максимум	5,25	1,75	0,75	0,75	1,5	10

Реакція Сузукі, за яку її автор у 2010 році отримав Нобелівську премію, двічі була використана при синтезі сполуки **Y**. Відомо, що **X + D** є двохстадійною реакцією, де першою стадією є швидка - реакція Сузукі (інтермедіат **G**), та деяка наступна повільна стадія. Відомо, що друга стадія є приблизно у 100 разів повільнішою.

Suzuki reaction:



LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії



11.4.1. *Наведіть* структури сполук **A – G**.

A	B	C	D
E	F	G	

11.4.2. *Наведіть* механізм утворення речовини **B** (тільки першу стадію) та перетворення **G** → **E**.

Механізм утворення B:

G → E:

11.4.3. Як би ви довели, що саме реакція Сузукі є першою стадією у перетворенні **X** та **D** в **E**? Вважайте, що вам відомо, що перша стадія є швидкою, але що за стадія – невідомо. **Оберіть** нижче всі правильні відповіді.

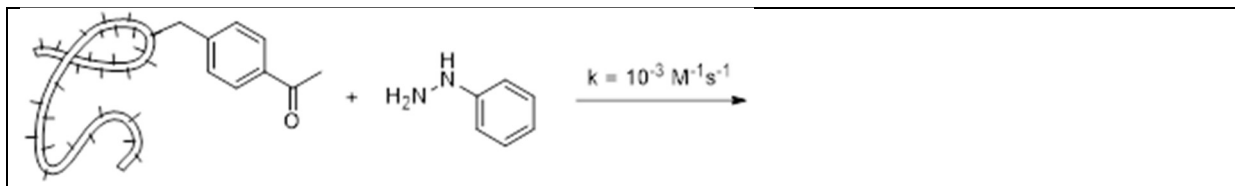
ВІДПОВІДІ

- Проведення реакції в ЯМР ампулі з одночасною зйомкою ПМР спектрів
- Спробувати детектувати та ідентифікувати інтермедіат реакції за допомогою мас-спектрометрії.
- Вивчити залежність концентрації продукту від часу
- Вивчити залежність концентрації арил галогеніду від часу
- Знизити температуру реакції та спробувати зупинити реакцію на першій стадії.
- Вивчити вплив концентрації каталізатору на швидкість утворення **E**.¹

У 2022 році Нобелівську премію з хімії було отримано за відкриття та використання біртогональних реакцій. Однією з таких реакцій є реакція між альдегідами/кетонами та гідразинами.

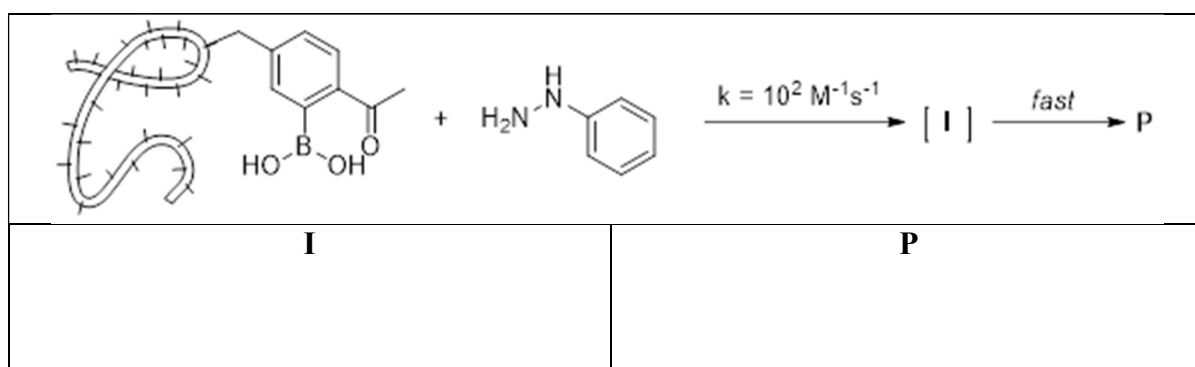
11.4.4. *Наведіть* продукт такої реакції нижче (частину протеїну можете позначити як R).

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії



Великий недолік цієї реакції – її мала швидкість. Досить важко отримати високі виходи при таких малих швидкостях реакції та низькій концентрації протеїну (як правило вона декілька мкмоль/л). Тому було запропоновано кетон, що містить фрагмент боронової кислоти подібно до сполуки **X** (швидкість збільшується приблизно у 10^5 разів).

11.4.5. Наведіть структури інтермедіату **I** (моноаніон, містить тетракоординований атом бору, утворюється завдяки координації атому Оксигену в геміаміналі на атом Бору) та продукту **P** (нейтральна молекула, містить тетракоординований атом бору за рахунок координації атому Нітрогену на атом Бору та утворення п'ятичленного циклу). (частину протеїну можете позначити як R).

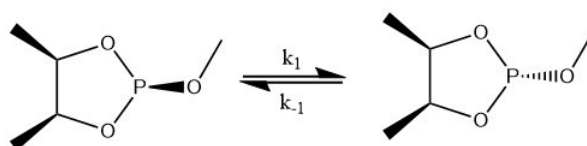


Завдання 11.5. Ізомеризація (Автор: Запорожець Ірина)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	11.5.1	11.5.2	11.5.3	11.5.4	11.5.5	11.5.6	11.5.7	11.5.8	Сума
Максимум	1.0	1.0	1.2	4.0	1	0.3	0.5	1.0	10

Для циклічних органофосфітів характерна рівновага між цис- і транс ізомерами, які можна розрізнити за допомогою ^{31}P .



Для вивчення кінетики та термодинаміки реакції ізомеризації органофосфіту зображеного на схемі вище, зразок синтезували за температури $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$, при цьому утворився виключно цис-ізомер. Зразок цис-ізомеру нагріли до $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ і записували спектри ^{31}P ЯМР через певні проміжки часу. Для нового зразку, експеримент повторили за температури $80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Результати експерименту наведені у таблиці. χ (cis) позначає мольна частка цис- ізомеру у суміші.

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

60 °С	Час, год	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00	100
	χ (cis)	0.773	0.609	0.405	0.299	0.243	0.183
80 °С	Час, год	0.10	0.50	1.00	1.50	2.00	100
	χ (cis)	0.809	0.379	0.198	0.145	0.129	0.123

11.5.1. Розрахуйте константу рівноваги цис-транс ізомеризації за 60 та 80 °С.

11.5.2. Розрахуйте ΔG^0 реакції ізомеризації за температури 60 та 80 °С.

11.5.3. Розрахуйте зміну ентальпії та ентропії процесу ізомеризації.

Кінетику реакції ізомеризації можна описати рівнянням

$$\ln([A] - [A]_{\infty}) = \ln([A]_0 - [A]_{\infty}) - (k_1 + k_{-1})t,$$

де $[A]$ - концентрація цис-ізомеру в момент часу t , а $[A]_0$, $[A]_{\infty}$ - початкова та рівноважна концентрації цис-ізомеру, відповідно.

11.5.4. Розрахуйте константи швидкості k_1 та k_{-1} за температури 60 і 80 °С

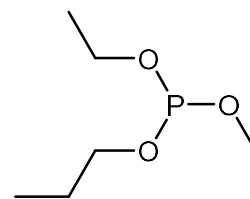
11.5.5. Розрахуйте енергію активації цис-транс ізомеризації. Якщо ви не змогли розрахувати константи швидкості у попередньому пункті, то використовуйте наступні (неправильні!) значення k_1 : $t=60$ °С, $k_1 = 0.35$ год⁻¹, $t=80$ °С, $k_1 = 1.52$ год⁻¹

11.5.6. На основі розрахунків, оберіть усі правильні твердження із запропонованих.

А	За високої температури у суміші переважає цис-ізомер.	
Б	За високої температури у суміші переважає транс-ізомер.	
В	За низької температури цис ізомер більш стабільний, ніж транс	
Г	За низької температури транс ізомер більш стабільний, ніж цис.	
Ґ	Цис-ізомер може існувати у більшій кількості мікростанів, ніж транс.	
Д	Транс-ізомер може існувати у більшій кількості мікростанів, ніж цис.	

**LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії**

11.5.7. **Вкажіть**, чи можна використовувати ^{31}P ЯМР, щоб вивчати кінетику рацемізації фосфіту $\text{P}(\text{OMe})(\text{OEt})(\text{OPr})$ (див структуру праворуч)? **Відповідь поясніть**.



11.5.8. **Наведіть** обидва енантіомери $\text{P}(\text{OMe})(\text{OEt})(\text{OPr})$ та **назвіть** їх. Електронна пара за R,S-номенклатурою має найменший пріоритет.

Завдання 11.6. Haber-Bosch, The Great Alliance! (Автор: Данилейко Кирило)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	11.6.1	11.6.2	11.6.3	11.6.4	11.6.5	Сума
Максимум	1.4	0.6	3	2	3	10

Відомий шведський пауер-метал бенд Sabaton у своїй пісні «Father» оспівує те, як Фріц Габер розробляв метод промислового отримання аміаку, за що отримав Нобелівську премію в 1919 році. Наразі цей процес широко використовується для отримання аміаку в мільйонах тон на рік. Метод заснований на пропусканні нагрітої до 450°C стехіометричної суміші азоту та водню над сумішшю твердофазних оксидних каталізаторів.



11.6.1. **Якою є** хімічна роль каталізаторів? Правильні відповіді **обведіть**.

Каталізатори пришвидшують пряму і обернену хімічну реакцію	Так	Ні
Каталізатори змінюють механізм реакції	Так	Ні
Каталізатори впливають на значення змін термодинамічних величин реакції	Так	Ні
Каталізатори впливають на склад рівноважної суміші реагентів та продуктів	Так	Ні
Реальні каталізатори кількісно регенеруються впродовж реакції	Так	Ні
Каталізатори знижують енергію активації прямої реакції	Так	Ні
Використання каталізаторів може супроводжуватися утворенням побічних продуктів	Так	Ні

У таблиці нижче наведені стандартні ентальпії утворення, ентропії і теплоємності учасників процесу.

Речовина	N_2	H_2	NH_3
$\Delta_f H_{298}$, кДж·моль $^{-1}$	0	0	-46,2
S_{298} , Дж·К $^{-1}$ ·моль $^{-1}$	191,5	130,52	192,6
C_p , Дж·К $^{-1}$ ·моль $^{-1}$	29	28,7	35,89

LVII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії
IV Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

11.6.2. Поясніть, які значення слід поставити в порожніх комірках таблиці?

11.6.3. Розрахуйте константи рівноваги K_{p298} та K_{x298} цього процесу за температури 298 К. і загального тиску суміші 1 бар.

11.6.4. Розрахуйте стандартну константу рівноваги цієї реакції за температури 450°C. Врахуйте, що ентальпія та ентропія залежать від температури. **Прокоментуйте** отриманий результат з точки зору принципу Ле-Шательє. За потреби скористайтесь довідкою.

Довідка:

$\Delta H = n c_p \Delta T$ - для ізобарного нагрівання кожного окремого ідеального газу

$\Delta S = n c_p \ln \frac{T_2}{T_1}$ - для ізобарного нагрівання ідеального газу

За температури 298 К у посудині об'ємом 10 л змішали водень та азот. Парціальні тиски газів дорівнювали 1 бар для водню та 3 бар для азоту. Після цього у систему ввели каталізатор, підігріли до 450°C. Після встановлення рівноваги систему швидко охолодили до 298 К.

11.6.5. Розрахуйте вихід аміаку. **Якого об'єму** 1М розчину хлоридної кислоти буде достатньо для поглинання всього утвореного аміаку?