



Шифр учасника (заповнюється журі)



# II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021

Лютий, 2021

## 8 клас Заочний тур УМОВИ

Оцінки за задачі (заповнюється журі)

Номер задачі	Максимальна кількість балів	Оцінка	Прізвище, ініціали	Підпис
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
<b>Сума</b>				

# II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021

## Пам'ятка учаснику олімпіади

1. Умови завдань на 13-ті сторінках 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. Чітко відповідайте лише 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 H 1.008																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)																																									
<table border="1"> <tr> <td>58 Ce 140.12</td> <td>59 Pr 140.91</td> <td>60 Nd 144.24</td> <td>61 Pm (145)</td> <td>62 Sm 150.36</td> <td>63 Eu 151.96</td> <td>64 Gd 157.25</td> <td>65 Tb 158.93</td> <td>66 Dy 162.50</td> <td>67 Ho 164.93</td> <td>68 Er 167.26</td> <td>69 Tm 168.93</td> <td>70 Yb 173.05</td> <td>71 Lu 174.97</td> </tr> <tr> <td>90 Th 232.04</td> <td>91 Pa 231.04</td> <td>92 U 238.03</td> <td>93 Np 237.05</td> <td>94 Pu (244)</td> <td>95 Am (243)</td> <td>96 Cm (247)</td> <td>97 Bk (247)</td> <td>98 Cf (251)</td> <td>99 Es (254)</td> <td>100 Fm (257)</td> <td>101 Md (256)</td> <td>102 No (254)</td> <td>103 Lr (257)</td> </tr> </table>																		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)
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)																																

### Завдання 1. Агенти R-7



Холодильні агенти – це речовини, які використовуються як робоче тіло у холодильних машинах. Для маркування холодильних агентів використовують так звані R-числа. В побутових холодильниках зазвичай застосовуються органічні холодильні агенти, а в промислових зустрічаються й неорганічні.

Неорганічні холодильні агенти позначаються кодом R-7xx, де замість xx стоїть певне число. Наприклад, вода позначається як R-718, SO<sub>2</sub> – R-764, CO<sub>2</sub> – R-744, Kr – R-784.

1. Для реагентів R-718, R-764, R-744 зобразіть геометричну будову молекул та вкажіть тип гібридизації орбіталей центрального атому.

Речовина X – один із найпоширеніших промислових холодильних агентів. 10,00 мл рідкої речовини X (густина 681,9 кг/м<sup>3</sup>) після повного випаровування займають 9,92 л за стандартних умов.

2. Розрахуйте молярну масу речовини X та визначте її хімічну формулу.

Через токсичність викиди X можуть становити суттєву небезпеку. У резервуарі об'ємом 100 м<sup>3</sup> знаходиться газоподібний X під тиском 0,5 МПа за температури 25°C. Через технічну несправність стався витік X і тиск всередині резервуару впав на 25% за постійної температури.

3. Розрахуйте, який об'єм за стандартних умов займає X, що потрапив у навколишнє середовище.

Для виявлення витоків речовини X тривалий час використовували палички, що містять просту речовину Y жовтого кольору. За відсутності X така паличка горить блакитним полум'ям. У присутності X під час горіння Y у вологому повітрі з'являється білий дим.

4. Визначте речовину Y та наведіть рівняння реакції горіння Y та принаймні одне рівняння реакції, що пояснює утворення білого диму.
5. Який R-шифр має холодильний агент X? Відповідь поясніть.

### Завдання 2. Три планети – три хімії



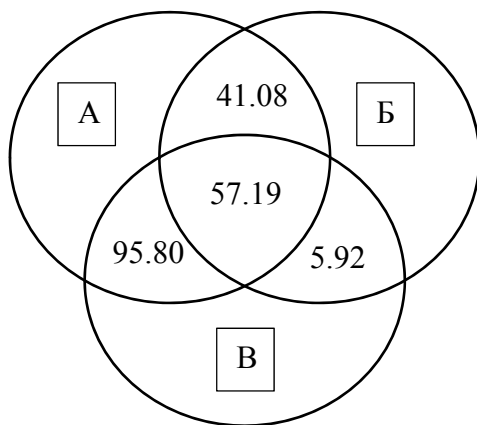
Майже в кожному підручнику хімії наведено схему генетичного зв'язку між класами неорганічних речовин. Основними складовими такої схеми є оксиди, гідроксиди, кислоти, солі тощо. Зрозуміло, що ця схема базується на використанні води як розчинника. Спрощене рівняння процесу автоіонізації води виглядає так:



1. Оберіть правильне визначення основи.
  - а) речовина, що складається з атомів Н та кислотного залишку
  - б) речовина, що складається з атомів Н та основного залишку



### Завдання 3. Кола



Елементи **A**, **B** та **V** по двоє утворюють між собою бінарні сполуки, а також сполуку, до складу якої входять всі разом, – тернарну. Масові частки (%) деяких із них у відповідних сполуках наведено на схемі. У всіх сполуках елементи **A**, **B**, **V** виявляють одну й ту саму валентність.

1. Визначте елементи **A**, **B**, **V**. Поясніть розв'язок розрахунками.
2. Запишіть формули бінарних і тернарної сполуки, назвіть ці речовини.
3. Запишіть хімічні реакції тих перетворень згаданих сполук одна на одну, які можна зробити в одну стадію.
4. Запишіть рівняння хімічної реакції в тих випадках, коли вона можлива при змішуванні двох реагентів з таблиці.

Сполука з елементів	H <sub>2</sub> O	Cl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>
(AB)				
(AV)				
(BV)				
(ABV)				

### Завдання 4. Періодичний закон

Періодична система хімічних елементів – це табличне відображення переліку хімічних елементів, впорядкованих за атомним номером, електронною конфігурацією та повторюваними хімічними властивостями. Перший подібний до сучасного її варіант був оприлюднений російським вченим Д.І.Менделєєвим в 1869 році, тому в радянській традиції її часто називають таблицею Менделєєва. Західна традиція уникає такої назви, вшановуючи внесок інших вчених у відкриття періодичного закону, – А. Лавуазьє, Й. Деберайнера, Дж. Ньюлендса, Л. Маєра тощо.

1. В поданому переліку тверджень є декілька правильних. Вкажіть їх.  
За Періодичною системою елементів можна передбачити:
  - а) характерні значення валентності елемента
  - б) ізотопний склад природного елемента
  - в) атомну масу елемента, якщо вона наразі невідома
  - г) властивості метала чи неметала будуть притаманні елементу
  - д) поширеність елемента на Землі
2. Оксиген виявляє валентність (оберіть одну відповідь):  
а) I      б) II      в) III      г) I або II      д) II або III
3. В яких із наведених пар елементів спостерігається діагональна подібність?  
а) B, Si      б) Mo, Re      в) Hg, Ag      г) Li, Mg      д) O, Cl      е) He, F
4. Вкажіть твердження, яке на сьогоднішній день є точним без жодних модифікацій.  
а) Елементи підгрупи благородних газів здатні утворювати хімічні сполуки

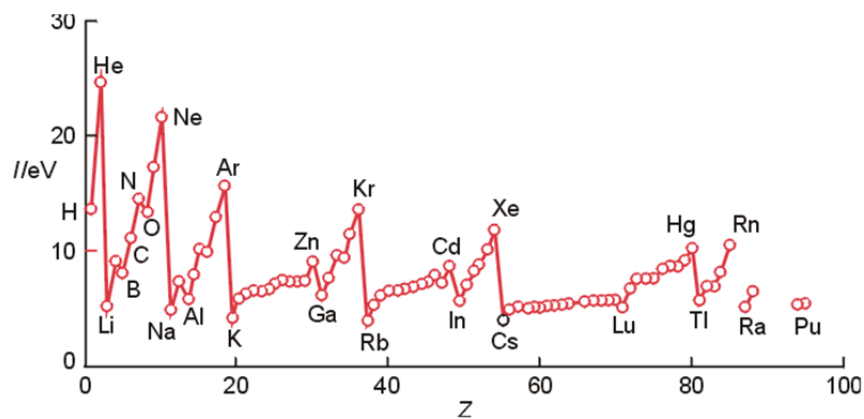
## II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 6

### 8 клас, заочний тур, листи відповідей

(Рибніков Ю.С.)

- б) Властивості хімічних елементів, простих речовин, а також склад і властивості сполук, перебувають у періодичній залежності від значень атомних мас (Менделєєв Д.І.)
- в) Електрон може рухатися навколо ядра певними стабільними орбітами без випромінювання енергії (Бор Н.)
- г) Всі зміни у природі відбуваються так, що коли до чого щось додалося, то воно віднялося від іншого. Приміром, скільки матерії додається до одного тіла, стільки ж втрачається іншим; скільки годин я витрачаю на сон, стільки віднімається від неспання тощо (Ломоносов М.В.)

Нижче подано графік залежності енергії іонізації елемента від заряду ядра його атомів.



5. Повторювані зміни, що відбуваються на ділянках графіку від He до Ne, від Ne до Ar, від Ar до Kr, від Kr до Xe, є проявом:
- а) закону Кулона  
б) вторинної періодичності  
в) періодичного закону  
г) внутрішньої періодичності
6. Повторювані зміни, що відбуваються в ряді елементів, тобто всередині ділянки графіку від Li до Ne чи від Na до Ar тощо, є проявом:
- а) закону Кулона  
б) вторинної періодичності  
в) періодичного закону  
г) внутрішньої періодичності
7. Оберіть записи, в яких вказаний у дужках набір квантових чисел ( $n, l, m_l$ ) може відповідати короткому позначенню атомної орбіталі:
- а) 2p (3, 0, +1)  
б) 4d (4, 3, -2)  
в) 3f (3, 3, 3)  
г) 6s (6, 0, 0)  
д) 1s (1, 0, 1)  
е) 2p (2, 1, -1)

8. Позначте твердження, правильні для кожного з переліків сполук:

Всі речовини переліку...	NH <sub>4</sub> Cl, NaBr, KI	HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	NaOH, CaC <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub>
іонної будови				
не містять ковалентних зв'язків				
належать до одного класу неорганічних сполук				
розчинні у воді				
газоподібні за звичайних умов				

### Завдання 5. Чорнобиль



За кілька місяців виповниться 35 років із моменту Чорнобильської катастрофи, спричиненої двома тепловими вибухами і подальшим руйнуванням четвертого енергоблока Чорнобильської атомної електростанції в ніч на 26 квітня 1986 року. Тоді радіоактивному забрудненню піддалося понад 200 000 км<sup>2</sup>, 70% цієї площі знаходяться в Україні, Білорусі й Росії. Загальна кількість лише учасників ліквідації аварії за весь час склала 600 тис., а постраждалих — значно більша й точно невизначена.

Сумарна активність речовин, викинутих в навколишнє середовище, склала, за різними оцінками, до  $14 \cdot 10^{18}$  Бк (14 ЕБк), у тому числі:

- 1,8 ЕБк йоду-131,
- 0,085 ЕБк цезію-137,
- 0,01 ЕБк стронцію-90,
- 0,003 ЕБк ізотопів плутонію,
- частка благородних газів близько половини від сумарної активності.

Типова радіоактивність тіла людини складає орієнтовно 103 Бк.

1. Обчисліть масу нукліду  $^{131}\text{I}$ , яка має радіоактивність  $10^3$  Бк.
2. Обчисліть масу викинутих радіонуклідів  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$ .
3. Обчисліть маси  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$ , які залишилися від цього викиду за 35 років, що минули. Який із цих радіонуклідів являє собою найбільшу небезпеку сьогодні? Який був найнебезпечнішим в перші дні після аварії?
4. Запишіть рівняння ядерних реакцій, пов'язаних із розпадом  $^{90}\text{Sr}$ .
5. Оцініть загальну кількість  $\beta$ -розпадів (обчисливши найменше й найбільше значення) у зразку  $^{90}\text{Sr}$  масою 1,0 г за 1 місяць. Із запропонованих варіантів оберіть найкращу оцінку.
 

а) $(13,3 \dots 26,6) \cdot 10^{18}$	в) $(13,3 \dots 26,59) \cdot 10^{18}$
б) $(6,65 \dots 13,3) \cdot 10^{21}$	г) $(13,3 \dots 13,3) \cdot 10^{18}$

Одні з перелічених в умові радіонуклідів потрапили переважно в землю неподалік від місця аварії, інші віддалилися на досить велику відстань.

6. Така різна поведінка є наслідком (оберіть одну відповідь):
  - а) різного розміру частинок пилу, які містили різні нукліди;
  - б) різних фізичних властивостей речовин, утворених різними елементами;
  - в) різних хімічних властивостей елементів;
  - г) різниці у відносній атомній масі нуклідів.

7. Впишіть відповідні назви чи формули нуклідів:
 

	потрапили переважно в землю неподалік
	віддалилися на досить велику відстань

Внутрішнє опромінення значно небезпечніше за зовнішнє, бо більша частина виділеної енергії поглинається тілом. Уявімо, що 0,01% викинутої радіоактивності негайно

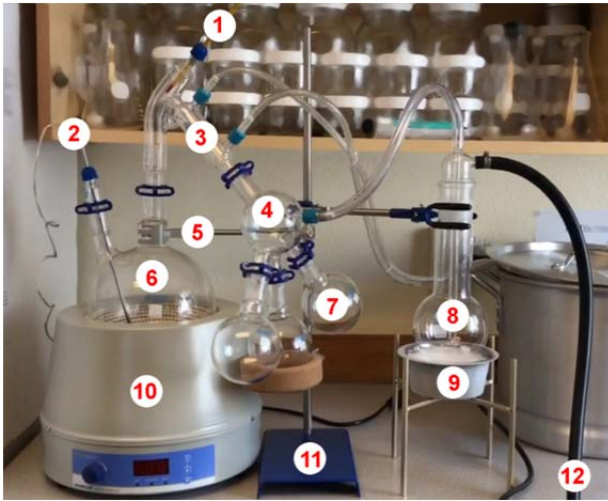




**II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 9**  
**8 клас, заочний тур, листи відповідей**

1. Зібране устаткування призначене для:

- а) перекристалізації
- б) хроматографії
- в) фільтрування
- г) випалювання
- д) фракційної перегонки
- е) екстракції



2. Вкажіть назви окремих компонентів, обравши назви з поданого переліку й поставивши навпроти них відповідні номери, наведені на малюнку.

- \_\_\_ штатив
- \_\_\_ пальник
- \_\_\_ порцелянова чашка
- \_\_\_ шланг
- \_\_\_ круглодонна колба
- \_\_\_ двогорла колба
- \_\_\_ термометр

- |                           |                          |                          |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ___ термопара             | ___ колба Бунзена        | ___ холодильник Лібіха   |
| ___ лапка із затискачем   | ___ промивна склянка     | ___ ексикатор            |
| ___ фільтрувальна воронка | ___ електричний нагрівач | ___ бюретка              |
| ___ алонж "павук"         | ___ бюкс                 | ___ баня з охолоджувачем |
| ___ піпетка               | ___ колба Вюрца          |                          |

3. Деталь 12 під'єднує устаткування до:

- а) мікроскопа
- б) пальника
- в) вакуумного насосу
- г) джерела побутового газу

4. Деталь 2 потрібна для:

- а) перемішування вмісту колби
- б) вимірювання електричного опору
- г) нагрівання
- д) вимірювання температури

5. Три деталі 7 потрібні для:

- а) збирання різних фракцій
- б) збирання надлишку одної речовини
- в) закривання всіх отворів деталі 4
- г) стабілізації тиску

6. Деталь 9 потрібна для:

- а) підвищення ефективності насосу
- б) підвищення ефективності нагрівача
- г) конденсації пари, що дійшла до деталі 8
- д) утримування деталі 8 на місці

7. Зібране устаткування не має джерела відкритого вогню, оскільки:

- а) весь дослід не потребує нагрівання
- б) це занадто дорого
- в) це небезпечно
- г) в лабораторії неможливо знайти його джерело

8. Зібране устаткування не підключене до водогону:

- а) аби уникати зайвих витрат питної води
- б) тому що дослід не потребує охолодження
- в) тому що це небезпечно
- г) аби вода не змішалася з речовинами, з якими працюють

**II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 10  
8 клас, заочний тур, листи відповідей**

9. На зображеному обладнанні принципово можливо розділити суміш:
- |                    |                                   |
|--------------------|-----------------------------------|
| а) води з піском   | д) води з ацетоном і гліцерином   |
| б) масла з водою   | е) гліцерину з водою              |
| в) спирту з водою  | ж) кисню з азотом                 |
| г) піску з залізом | з) вуглекислого газу, води й солі |

**Завдання 7. Перекристалізація в теорії та на практиці**



Перекристалізація – доволі популярний спосіб очистки неорганічних та органічних речовин, що заснований на використанні температурної залежності розчинення речовин для отримання чистих від домішок продуктів. Певно, багато хто з юних хіміків вирощував кристали вдома та хизувався ними перед друзями.

В таблиці подано дані про температурну залежність розчинності  $s$  двох солей, у г/100 г  $H_2O$ .

Температура, °C	$s(KBr)$	$s(CuSO_4)$
20	65.20	20.05
70	90.00	47.93

1. Виведіть формулу залежності масової частки розчиненої речовини від значення її розчинності.

Насичений розчин калій броміду за температури  $70^{\circ}C$  масою 100 г охолодили до температури  $20^{\circ}C$ .

2. Визначте масу отриманого осаду калій броміду.

Наважку мідного купоросу розчинили у воді та отримали насичений розчин купрум(II) сульфату за температури  $70^{\circ}C$ . Потім розчин охолодили до температури  $20^{\circ}C$ , маса осаду склала 33.2 г.

3. Визначте масу початкового розчину та вихід перекристалізації.

Наважку певної суміші мідного купоросу та калій броміду повністю розчинили у воді. Отриманий розчин містить 20 г купрум(II) сульфату та є насиченим щодо обох солей за температури  $70^{\circ}C$ . Його охолодили до  $20^{\circ}C$  та отримали суміш осадів калій броміду та мідного купоросу.

4. Розрахуйте склад осаду та масу води в кінцевому розчині.

5. Визначте, чи є правильними наступні твердження щодо попереднього досліду.

<input type="checkbox"/>	З початкового розчину вже почне випадати осад за температури $70^{\circ}C$
<input type="checkbox"/>	Маса реального осаду буде більша від теоретичної через можливе утворення кристалогідратів калій броміду
<input type="checkbox"/>	Після фільтрування та прожарювання отриманий осад втратить менше, ніж 10% маси
<input type="checkbox"/>	Даний метод перекристалізації є ефективним з точки зору очистки калій броміду
<input type="checkbox"/>	Якісний склад отриманого осаду остаточно відомий
<input type="checkbox"/>	Молярні концентрації купрум(II) сульфату і іонів $Cu^{2+}$ в кінцевому розчині ідентичні

**II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 11**  
**8 клас, заочний тур, листи відповідей**

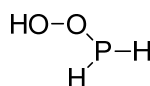
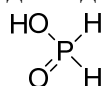
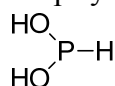
Якісний склад отриманого розчину остаточно відомий
В реальній системі на розчинність осаду буде впливати не тільки температура
В початковому розчині серед усіх речовин масова частка води найменша
Для всіх солей чим більша різниця між температурою розчинення і температурою осадження під час перекристалізації з водного розчину, тим вищий вихід перекристалізації

**Завдання 8. Багато кислот**

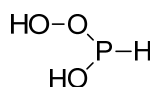
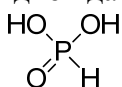
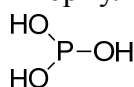
Нижче подано молекулярні формули фосфоровмісних кислот **А-О**.

- |   |   |
|---|---|
| <b>А.</b> $H_3PO_3$ фосфітна (фосфонатна)         | <b>З.</b> $H_5P_3O_{10}$ трифосфатна          |
| <b>Б.</b> $H_3PO_4$ ортофосфатна                  | <b>І.</b> $H_6P_4O_{13}$ тетрафосфатна        |
| <b>В.</b> $H_4P_2O_7$ дифосфорная (пирофосфорная) | <b>К.</b> $H_4P_2O_5$ пірофосфатна            |
| <b>Г.</b> $H_3PO_6$ дипероксофосфатна             | <b>Л.</b> $HPO_2$ метафосфітна                |
| <b>Д.</b> $H_4P_4O_{12}$ тетраметафосфорная       | <b>М.</b> $H_3PO_2$ гіпофосфітна (фосфінатна) |
| <b>Е.</b> $HPO_3$ метафосфатна                    | <b>Н.</b> $H_4P_2O_6$ гіподифосфатна          |
| <b>Ж.</b> $H_3P_3O_9$ триметафосфатна             | <b>О.</b> $H_3PO_5$ пероксофосфатна           |

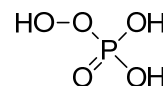
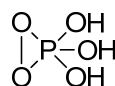
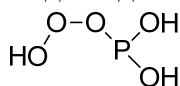
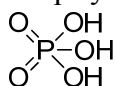
1. Формулі  $H_3PO_2$  може відповідати структура:



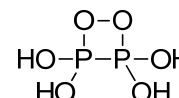
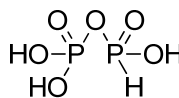
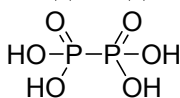
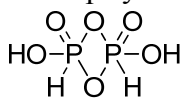
2. Формулі  $H_3PO_3$  може відповідати структура:



3. Формулі  $H_3PO_5$  може відповідати структура:



4. Формулі  $H_4P_2O_6$  може відповідати структура:

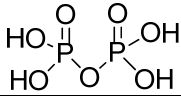
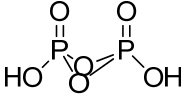
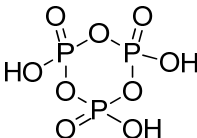


- За якими ознаками кислоти **Б** та **Ж** потрапляють до однієї групи?
- За якими ознаками кислоти **Д** та **І** потрапляють до однієї групи?
- За якою ознакою кислоти **А** та **Л** потрапляють до однієї групи?
- За якими ознаками кислоти **Г** та **О** потрапляють до однієї групи?
- Однакову кількість молей кислот **А, Б, Ж, М, О** розчинили у воді й виміряли кислотність кожного з розчинів. Оберіть варіант ряду, в якому ці кислоти перелічено в порядку зменшення кислотності розчину.

а) <b>О, Ж, А, Б, М</b>	в) <b>М, О, А, Ж, Б</b>	д) <b>А, М, Ж, Б, О</b>
б) <b>Ж, О, Б, А, М</b>	г) <b>Ж, Б, А, О, М</b>	

**II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 12**  
**8 клас, заочний тур, листи відповідей**

Молекули полікислот фосфору(V) можна подумки побудувати, з'єднуючи тетраедри  $\text{PO}_4^{3-}$  – вершинами, ребрами чи гранями.

Склад і тип поєднання	Структура	Молекулярна формула
2 $\text{PO}_4^{3-}$ – $\text{O}^{2-}$ вершиною		$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ( <b>В</b> )
2 $\text{PO}_4^{3-}$ – 2 $\text{O}^{2-}$ ребром		$\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_6$
3 $\text{PO}_4^{3-}$ – 3 $\text{O}^{2-}$ вершинами в цикл		$\text{H}_3\text{P}_3\text{O}_9$ ( <b>Ж</b> )

10. Доповніть схему відповідними формулами, як на прикладах вище.

Склад і тип з'єднання	Структура	Молекулярна формула
2 $\text{PO}_4^{3-}$ – 3 $\text{O}^{2-}$ гранню		
4 $\text{PO}_4^{3-}$ – 3 $\text{O}^{2-}$ вершинами в ланцюг		
4 $\text{PO}_4^{3-}$ – 4 $\text{O}^{2-}$ вершинами в цикл		

11. Вкажіть ще 3 елементи, до яких застосовний описаний спосіб побудови полікислот.

Елемент	Структурна одиниця	Просторова будова одиниці	Способи з'єднання
Р	$\text{PO}_4^{3-}$	тетраедр	вершиною, ребром, гранню

### Завдання 9. Антисептик

В процесі приготування антисептика змішали по 100 мл водних розчинів етанолу (**А** та **В**) різної концентрації. Формула етанолу (етилового спирту)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .

- Густина розчину **А** складає 914 г/л, масова частка спирту в ньому 50%.
- Густина розчину **В** складає 858 г/л, молярна частка спирту в ньому 50%.

Добули 198 мл розчину **С**.

1. Для розчину **С** обчисліть:

- а) густину;
- б) молярну частку спирту;
- в) масову частку спирту;
- г) молярну концентрацію етанолу в розчині;
- д) яка частка всіх атомів розчину **С** припадає на атоми гідрогену;
- е) яка частка маси розчину **С** припадає на атоми карбону;
- ж) яка частка всіх електронів, що містить розчин **С**, є s-електронами кисню.

## II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 13 8 клас, заочний тур, листи відповідей

Антисептик вважається ефективним, якщо масова частка спирту в ньому не менша від 60%. Також він має містити інші речовини, зокрема, гліцерин; таких до розчину **C** слід додати загалом ще 20,0 г, утвориться розчин **D**.

2. Обчисліть найменший об'єм водного розчину етанолу з масовою часткою спирту 96% і густиною 808 г/л, який слід додати до розчину **D**, аби перетворити його на ефективний антисептик.

До складу антисептика вводять інші речовини, хоча діючою речовиною є саме етанол.

3. Допоміжні речовини до складу антисептика зазвичай вводять для:
  - а) зменшення небезпеки займання
  - б) зволоження шкіри, яку спирт підсушує
  - в) здорожчання продукту
  - г) покращення запаху
  - д) надання красивого забарвлення

### Завдання 10. Металургія



Зразок певного мінералу містить 95% сполуки **X** (її склад: 46,01% As, 34,30% Fe та S), решта – порожня порода, що не містить арсену та феруму та хімічно інертна в подальших перетвореннях. Сполука **X** при нагріванні здатна розкладатися, виділяючи металевий арсен.

1. Виведіть формулу сполуки **X**.
2. Запишіть рівняння реакції розкладу речовини **X**.

При промисловій обробці цей мінерал спочатку прожарюють при високій температурі без доступу повітря, металевий арсен конденсується в трубках поза зоною нагріву. У твердому залишку в печі залишається 98% всього арсену, і цей залишок прожарюють вже в струмені повітря. Утворений оксид арсену **Z** (містить 75,74% As) збирається поза зоною нагріву, вихід цієї реакції 99%. Оксид **Z** застосовується в медицині, при виробленні керамік тощо; очищений металевий арсен йде на потреби електроніки.

3. Виведіть формулу оксиду **Z**.
4. Запишіть рівняння реакції, що відбувається при прожарюванні в струмені повітря.
5. Якою приблизно має бути температура при прожарюванні в струмені повітря? Поясніть причину.
6. Вкажіть формулу іншого газоподібного продукту реакції з п.4. Для чого він використовується у промисловості?
7. Обчисліть масову частку феруму (знаходиться у складі оксиду  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) в твердому залишку в печі.
8. Обчисліть масу арсену та оксиду **Z**, які отримують переробкою 1,00 т вихідного мінералу.



Шифр учасника (заповнюється журі)

## II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021

Лютий, 2021

### 9 клас Заочний тур

### УМОВИ

Оцінки за задачі (заповнюється журі)

Номер задачі	Максимальна кількість балів	Оцінка	Прізвище, ініціали	Підпис
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
<b>Сума</b>				

# II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021

## Пам'ятка учаснику олімпіади

1. Умови завдань на 15-ті сторінках 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. Чітко відповідайте лише 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 H 1.008																	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											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)																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">58 Ce 140.12</td> <td style="text-align: center;">59 Pr 140.91</td> <td style="text-align: center;">60 Nd 144.24</td> <td style="text-align: center;">61 Pm (145)</td> <td style="text-align: center;">62 Sm 150.36</td> <td style="text-align: center;">63 Eu 151.96</td> <td style="text-align: center;">64 Gd 157.25</td> <td style="text-align: center;">65 Tb 158.93</td> <td style="text-align: center;">66 Dy 162.50</td> <td style="text-align: center;">67 Ho 164.93</td> <td style="text-align: center;">68 Er 167.26</td> <td style="text-align: center;">69 Tm 168.93</td> <td style="text-align: center;">70 Yb 173.05</td> <td style="text-align: center;">71 Lu 174.97</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">90 Th 232.04</td> <td style="text-align: center;">91 Pa 231.04</td> <td style="text-align: center;">92 U 238.03</td> <td style="text-align: center;">93 Np 237.05</td> <td style="text-align: center;">94 Pu (244)</td> <td style="text-align: center;">95 Am (243)</td> <td style="text-align: center;">96 Cm (247)</td> <td style="text-align: center;">97 Bk (247)</td> <td style="text-align: center;">98 Cf (251)</td> <td style="text-align: center;">99 Es (254)</td> <td style="text-align: center;">100 Fm (257)</td> <td style="text-align: center;">101 Md (256)</td> <td style="text-align: center;">102 No (254)</td> <td style="text-align: center;">103 Lr (257)</td> </tr> </table>																		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)
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)																																

**Завдання 1.**

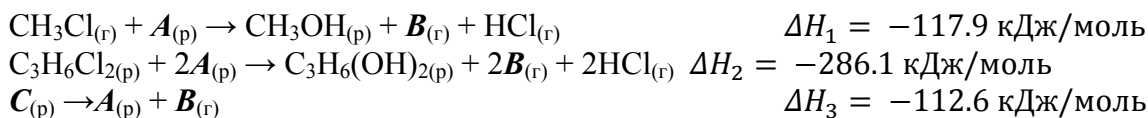
Зразок суміші, що містить  $K_2S$ ,  $KH_2XO_4$ ,  $X_2S_5$  і  $KHSO_4$ , має наступний елементний склад: 21.6% K, 47.3% S, 11.8% O, 0.3% H.

1. На основі цих даних визначте вміст елементу **X** у суміші.
2. Розрахуйте співвідношення компонентів (речовин) у суміші та визначте елемент **X**.
3. Яким чином могла б відбуватись реакція між  $K_2S$  та  $X_2S_5$ ? Наведіть продукт відповідної реакції, який містить елемент **X**. Якщо ви не визначили **X**, то в цьому і наступних пунктах запишіть продукт у загальному вигляді, виходячи зі ступенів окиснення.
4. Як зміниться реакція з пп.3, якщо її проводити в рідкому сірководні (використовуючи сірководень замість розчинника). Наведіть продукт відповідної реакції, який містить елемент **X**.
5. Реакцію з пп.3-4 не вдасться провести у воді. Наведіть сполуки, що містять елемент **X**, які будуть утворюватися при проведенні реакцій з пп.3-4 у воді.
6. Які сполуки будуть кислотами Льюїса, а які кислотами Бренстеда для реакції з пп.4.
7. Які йони міститимуться в розведеному сірководневому розчині після проведення реакції з пп.4, якщо співвідношення  $K_2S:X_2S_5$ , що було використане для її проведення 2:1.

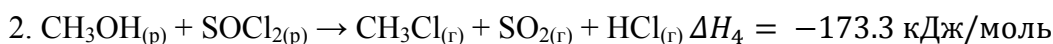


Завдання 2

1. Нижче наведені реакції взаємодії метилхлориду та 1,3-дихлоропропану з речовиною **A** та розкладу речовини **C** з утворенням **A** і **B**, для них зазначені відповідні ентальпії. Визначте  $\Delta H_f^0$  для речовин **A** і **B** використовуючи данні наведені у таблиці.

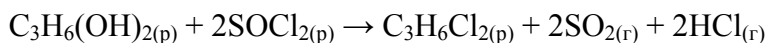


Речовина	$\text{CH}_3\text{Cl}_{(r)}$	$\text{CH}_3\text{OH}_{(p)}$	$\text{HCl}_{(r)}$	$\mathbf{C}_{(p)}$
$\Delta H_f^0$ , кДж/моль	-86.3	-239.5	-92.3	-104.2

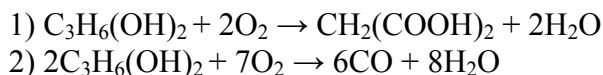


Розрахуйте об'єм газів (за н. у.), що виділиться при взаємодії 100 мл тіонилхлориду ( $\rho = 1,64$  г/мл) з метанолом. Який об'єм тіонилхлориду необхідно додати до 1 л метанолу ( $\rho = 0,792$  г/мл), щоб нагріти його з  $0^\circ\text{C}$  до температури кипіння ( $65^\circ\text{C}$ )? Питома теплоємність метанолу 2600 Дж/(кг·К).

3. Розрахуйте ентальпію реакції  $\text{C}_3\text{H}_6(\text{OH})_2$  з тіонилхлоридом.



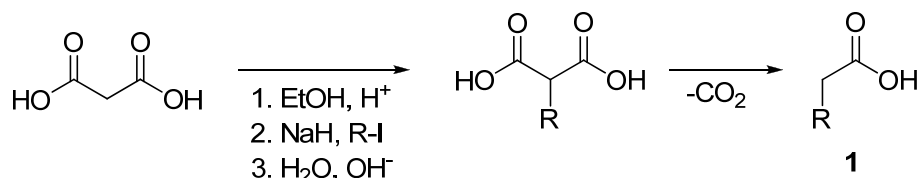
4. Нижче наведені реакції неповного окиснення 1,3-пропандіолу киснем до маленової кислоти та до чадного газу. Розрахуйте ентальпії цих двох реакцій використовуючи енергії зв'язків, що наведені у таблиці.



Зв'язок	C-C	C-H	C-O	$\text{R}_2\text{C}=\text{O}$	C=O	O-H	O=O
$E_{\text{зв}}$ , кДж/моль	348	436	360	743	1076	463	497

5. При неповному згорянні 10 г 1,3-пропандіолу утворилась суміш двох газів з  $D_{\text{H}_2} = 16.4$ ; визначте об'єм кисню що пішов на реакцію та кількість тепла що виділилась.

6. З маленової кислоти у декілька стадій була отримана сполука **1**, де R -  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$



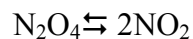
Визначте **n** у заміснику R якщо при повному згорянні 10 г сполуки **1** виділяється 257,92 кДж тепла.

**II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 6**  
**9 клас, заочний тур, листи відповідей**

**Завдання 3**

Нітроген(IV) оксид за нормальних умов є газом червоно-бурого кольору, з характерним гострим запахом. Газ є сумішшю оксиду  $\text{NO}_2$  та його димеру  $\text{N}_2\text{O}_4$ . Ця суміш при  $21,15^\circ\text{C}$  згущується у прозору жовту рідину, а при  $-11,2^\circ\text{C}$  — замерзає в безбарвну масу. При температурі  $140^\circ\text{C}$  діоксид азоту складається майже повністю з молекул  $\text{NO}_2$ , він дуже темного, майже чорного кольору.

За стандартних умов ступінь дисоціації  $\text{N}_2\text{O}_4$  становить 15,5% ( $P = 1$  атм ( $101,325\text{КПа}$ ),  $T = 298\text{К}$ , ізобарна система). Рівноважне рівняння має наступний вигляд:



При розрахунках використовуйте атомні маси елементів округлені до другого знаку після коми. Використовуйте такі значення констант:  $R = 8.314$ . У відповіді використовуйте три значущі цифри.

1. Розрахуйте константу рівноваги  $K_p$  для реакції розкладу  $\text{N}_2\text{O}_4$ . Якщо ви не змогли порахувати  $K_p$ , використовуйте значення  $K_p = 0,15$  атм для подальших розрахунків.

2. Розрахуйте  $K_c$  та  $K_\chi$  для реакції розкладу  $\text{N}_2\text{O}_4$ .

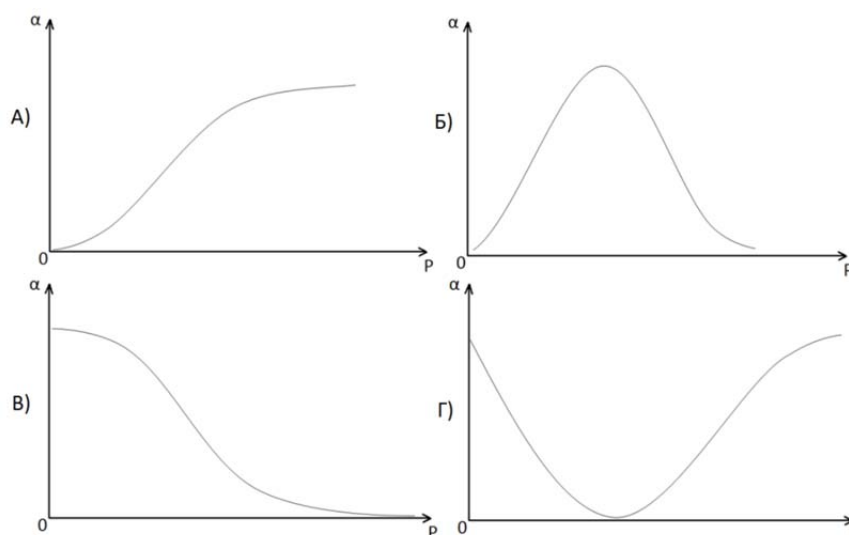
3.  $\Delta H_f^{298}(\text{N}_2\text{O}_4) = 9,4$  Кдж/моль,  $\Delta H_f^{298}(\text{NO}_2) = 33,9$  Кдж/моль. Розрахуйте стандартну ентальпію для реакції розкладу  $\text{N}_2\text{O}_4$ . Якщо ви не змогли порахувати  $\Delta H_r^{298}$ , використовуйте  $\Delta H_r^{298} = 40$  кДж/моль для подальших розрахунків.

4. Розрахуйте константу рівноваги  $K_p$  при температурі  $127^\circ\text{C}$  (Вважайте, що ентальпія реакції не залежить від температури).

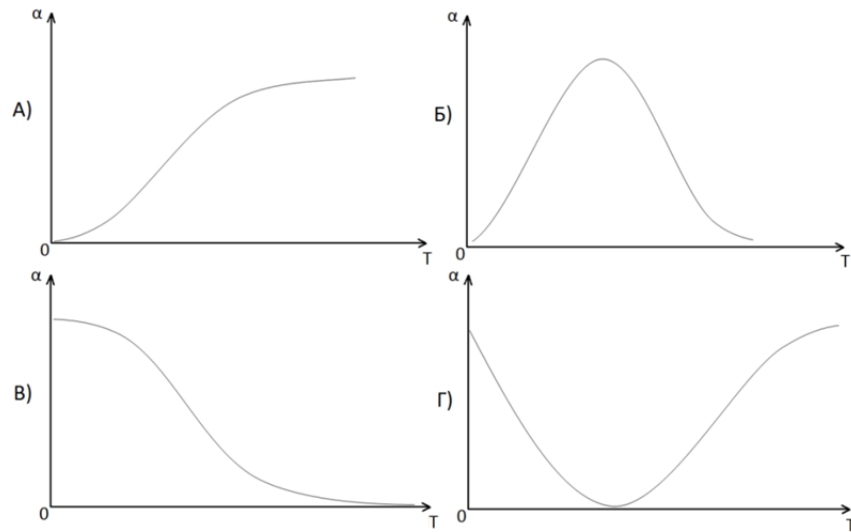
5. Розрахуйте температуру, за якої ступінь дисоціації  $\text{N}_2\text{O}_4$  буде становити 50%.

6. Розрахуйте стандартну ентропію реакцій розкладу  $\text{N}_2\text{O}_4$ .

7. На якому з графіків схематично зображена залежність ступеня дисоціації  $\text{N}_2\text{O}_4$  від тиску?



8. На якому з графіків схематично зображена залежність ступеня дисоціації  $N_2O_4$  від температури?



9. Який об'єм азоту необхідно додати до одного молю  $N_2O_4$ , щоб його ступінь дисоціації склав 20%. (Ізобарна система,  $P = 1$  атм).

10. У закритий посуд об'ємом 2 л помістили 10 г  $N_2O_4$ , розрахуйте, яким буде рівноважний тиск у посуді при температурі 298K

### Завдання 4

Електроліз - окисно-відновний процес, що відбувається в розчинах і розплавах електролітів при проходженні постійного електричного струму. При включенні електричного струму іони набувають спрямований рух і на поверхні електродів можуть відбуватися окисно-відновні процеси.

1. Запишіть сумарне рівняння реакцій електролізу та напіврівняння, що відбуваються на інертних електродах занурених у наступні розплави чи розчини: розплав солі  $\text{CaSO}_3$ , розплав солі  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , розплав  $\text{NaOH}$ , водний розчин  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , холодний водний розчин солі  $\text{KCl}$ , гарячий водний розчин солі  $\text{KCl}$ , водний розчин солі  $\text{NaNO}_2$ , водний розчин солі  $\text{CuSO}_4$ , водний розчин солі  $\text{NaF}$ , водний розчин солі  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ .

У хімічній лабораторії юний хімік проводив електроліз розчину купрум(II) сульфату. Він взяв 50 г 10%-го розчину та проводив електроліз 90 хвилин при силі струму 2А на інертних електродах.

*При розрахунках використовуйте атомні маси елементів округлені до другого знаку після коми. Використовуйте значення сталої Фарадея  $F = 96485$ . У відповіді використовуйте три значущі цифри.*

2. Розрахуйте яку масу міді було отримано.

3. Яка масова частка сульфатної кислоти у розчині після електролізу?

4. Обчисліть склад газової суміші (у мольних відсотках), що утворилась після електролізу.

5. Скільки годин потрібно проводити електроліз щоб масова частка сульфатної кислоти у розчині складала 10%?

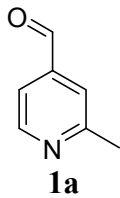
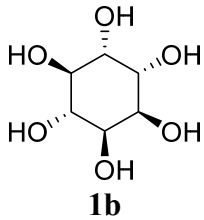
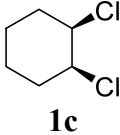
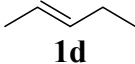
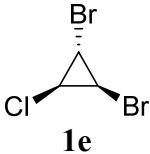
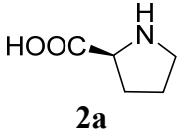
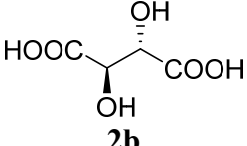
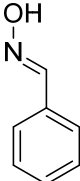
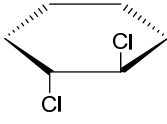

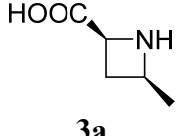
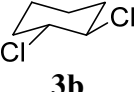
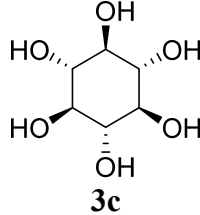
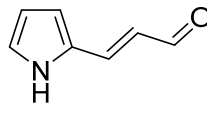
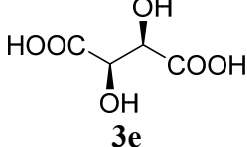

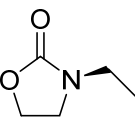
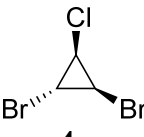
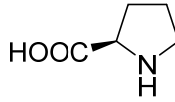
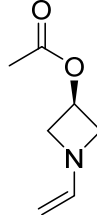
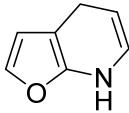

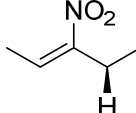
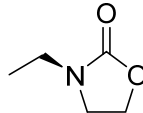
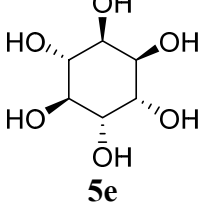
6. Скільки хвилин потрібно проводити електроліз щоб масова частка купрум(II) сульфату складала 1%?

В промисловості завдяки електролітичному рафінуванню отримують мідь високої чистоти (99,95%). При цьому занурений у розчин купрум(II) сульфату та сульфатної кислоти анод, яким виступає мідь технічної чистоти, розчиняється, а на катоді виділяється чиста мідь. Домішки при рафінуванні переходять в шлам або в розчин.

7. Розрахуйте, яка маса міді виділяється на катоді при рафінуванні впродовж однієї години при силі струму 1 А.

Завдання 5

Нижче наведено 25 різних сполук.

 <b>1a</b>	 <b>1b</b>	 <b>1c</b>	 <b>1d</b>	 <b>1e</b>
 <b>2a</b>	 <b>2b</b>	 <b>2c</b>	 <b>2d</b>	 <b>2e</b>
 <b>3a</b>	 <b>3b</b>	 <b>3c</b>	 <b>3d</b>	 <b>3e</b>
 <b>4a</b>	 <b>4b</b>	 <b>4c</b>	 <b>4d</b>	 <b>4e</b>
 <b>5a</b>	 <b>5b</b>	 <b>5c</b>	 <b>5d</b>	 <b>5e</b>

1. Для речовин **3d** та **5d** знайдіть у таблиці усі їх структурні ізомери.

2. Які сполуки є хіральними?

3. Чи є у таблиці ідентичні сполуки (мають однаковий хімічний склад та просторову будову)? Наведіть усі такі пари речовин.

4. Чи є у таблиці сполуки, що відносяться одна до одної як енантіомери? Якщо є, то наведіть усі такі пари речовин.

**II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 10  
9 клас, заочний тур, листи відповідей**

5. Чи є у таблиці сполуки, що відносяться одна до одної як діастереомери? Якщо є, то наведіть усі такі пари речовин.

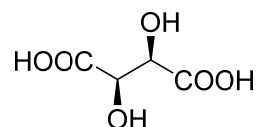
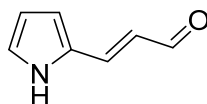
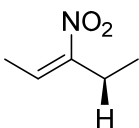
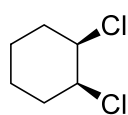
6. Наведіть усі сполуки, що є мезо-сполуками.

7. Які сполуки мають стереоізомери, але не перелічені у п. 2 і п. 6? Який стереогенний елемент це обумовлює?

8. Наведіть усі сполуки, що мають **ще** рівно 3 стереоізомери (крім самого себе; деякі вже можуть бути наявні у таблиці).

9. Яку кількість стереоізомерів мають сполуки **1c**, **1e**, **5a**, **5c** (враховуючи самих себе)?

10. У нижче наведених сполуках назвіть усі стереогенні елементи (якщо вони наявні) за номенклатурою ІЮПАК.



**Завдання 6**

**A, B, B** та **Г**- прості речовини, що за певних умов можуть реагувати між собою.

1. Визначте ці речовини, якщо відомо:

- З усіх речовин лише **A** не реагує з водою.

- При взаємодії з водою **B, B** та **Г** при нагріванні утворюються суміші кислот **B1+B2, B1+B2** та **Г1+Г2** відповідно.

- Розчини кислот **B1, B1** та **Г1** можна отримати, розчинивши у воді продукти взаємодії **B, B** та **Г** з **A** відповідно.

- При взаємодії з водою сумішею **B+B, B+Г** та **B+Г** утворюються суміші кислот **B1+B2, B1+Г2, B1+Г2** відповідно.

2. Наведіть продукти взаємодії **B, B** та **Г** між собою

3. Кислоти **B2, B2** та **Г2** при нагріванні ведуть себе по-різному. Так, при нагріванні **B2** утворюється інша кислота **B3**, вода та газ **X**, що за певних умов здатен реагувати з водою з утворенням суміші кислот **B1+B2**. При нагріванні **B2** також утворюється вода та суміш **B** та **Д** (теж проста речовина), а при нагріванні **Г2** – вода та тверда речовина **Y**. Визначте всі речовини.

4. Напишіть суму коефіцієнтів для реакцій, про які йдеться у п.3 (4 рівняння). Суму коефіцієнтів розрахуйте для реакцій з найменшими цілими коефіцієнтами, наприклад:



5. Наведіть структурну формулу речовини **X**; якщо ви не змогли визначити **X**, то наведіть структурну формулу для  $\text{NO}_2$ .





**II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 13**  
**9 клас, заочний тур, листи відповідей**  
**Завдання 8**

**Частина А. Титрування.**

При розрахунках наводьте відповідь з трьома значущими цифрами. При розрахунках активністю йонів можна знехтувати.

1. Розрахуйте рН  $\sim 0,0100$  М розчину кислоти  $H_2A$  ( $pK_{a1} = 4,00$ ;  $pK_{a2} = 8,00$ ).
2. Розрахуйте рН  $0,0100$  М розчинів  $NaHA$  та  $Na_2A$ .

Для визначення точної концентрації кислоти у п.1 було відібрано аликвоту кислоти об'ємом  $V = 10,0$  мл та відтитровано  $9,97 \cdot 10^{-3}$  М розчином натрій гідроксиду. На титрування витратили  $9,86$  мл титранту.

3. Запишіть рівняння реакції, що відбувалась при титруванні.
4. Розрахуйте рН у точці еквівалентності.
5. Розрахуйте точну концентрацію  $H_2A$  в розчині з п.1.
6. Який індикатор було використано серед наведених нижче:
  - А) Тимоловий синій ( $pT_1 = 1,70$  червоний в жовтий)
  - Б) Метилоранж ( $pT = 3,60$ )
  - В) Бромтимоловий синій ( $pT = 6,50$ )
  - Г) Тимоловий синій ( $pT_2 = 8,00$  жовтий в синій)
  - Д) Фенолфталеїн ( $pT = 9,00$ )

**Частина В. Суміш двох кислот.**

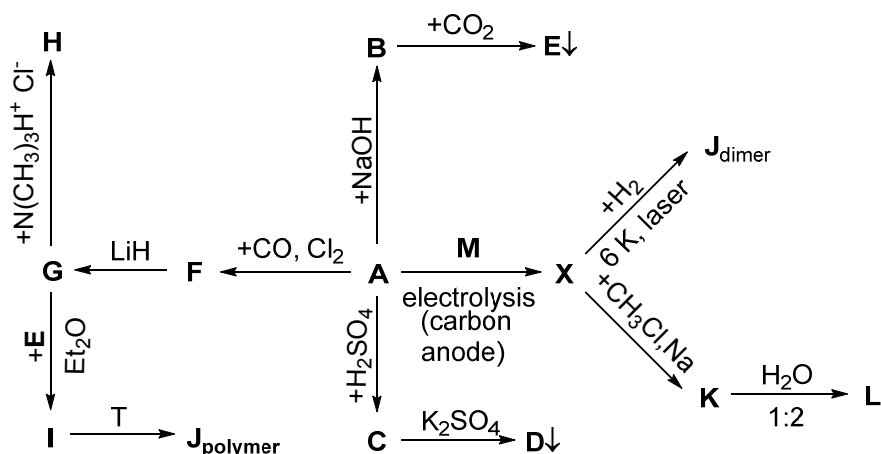
Відомо, що рівноважна концентрація  $H^+$  у суміші двох слабких кислот може бути розрахована за формулою:

$$[H^+] = \sqrt{K_a(1)C(1) + K_a(2)C(2)}$$

7. Розрахуйте рН суміші кислот  $HВ$  ( $pK_a = 6,00$ ;  $c = 0,0100$  М) та  $HC$  ( $pK_a = 6,40$ ;  $c = 0,0251$  М). Об'єм розчину  $100$  мл.
8. Напишіть рівняння матеріального балансу для суміші двох кислот з п.7.
9. До розчину у п.7 додали  $0,0351$  М  $NaOH$   $100$  мл, розрахуйте рН утвореного розчину
10. Який об'єм  $0,0100$  М  $HCl$  треба додати до розчину у п.10 для того, щоб рН розчину став  $3,00$ .

Завдання 9

Бінарну речовину **A** використовують для отримання чистого металу **X** електролізом. При цьому сполука **M** ( $w(\text{X}) = 12,9\%$ ) використовується як високотемпературний розчинник. У комірці анод обов'язково виробляється з нафтового коксу. Сполука **A** проявляє амфотерні властивості: одна з її поліморфних модифікацій здатна розчинитися у розчині  $\text{NaOH}$  з утворенням розчину сполуки **B** та в сульфатній кислоті з утворення розчину сполуки **C**. Якщо крізь розчин сполуки **B** пропускати вуглекислий газ, то спостерігається утворення осаду **E**. При додаванні до гарячого концентрованого розчину **C** концентрованого розчину калій сульфату при охолодженні можна отримати осад кристаллогідрату **D**. Взаємодією **A** з чадним газом та хлором отримують безводну бінарну сполуку **F**. При цьому з 1,000 г **A** утворюється 2,616 г **F** (вихід кількісний). Реакцією **F** з літій гідридотримують сполуку **G**, що широко використовується як реагент в органічному синтезі. **G** здатна реагувати з гідрохлоридом триметиламонію та сполукою **D** у диетиловому ефірі з утворення Льюїсівських аддуктів **H** та **I** відповідно. Повне випаровування розчинника та подальше висушування сполуки **I** в вакуумі призводить до утворення полімеру бінарної сполуки **J**. Нещодавно було отримано сполуку **J** у вигляді димеру: при взаємодії **X** з воднем при опроміненні лазером за температури 6 К. Сполука аналогічної будови **K** була отримана взаємодією **X** з натрієм та хлорометаном. При додаванні до 1 моль сполуки **K** рівно 2 моль води можна отримати сполуку **L** (гібридизація **X** у сполуці –  $sp^2$ ).



1. Визначте всі зашифровані речовини, якщо всі вони містять **X**.

2. Наведіть структуру сполук **I**, **H**, **J<sub>dimer</sub>**, **F** у рідкому стані, **K** та **L**.

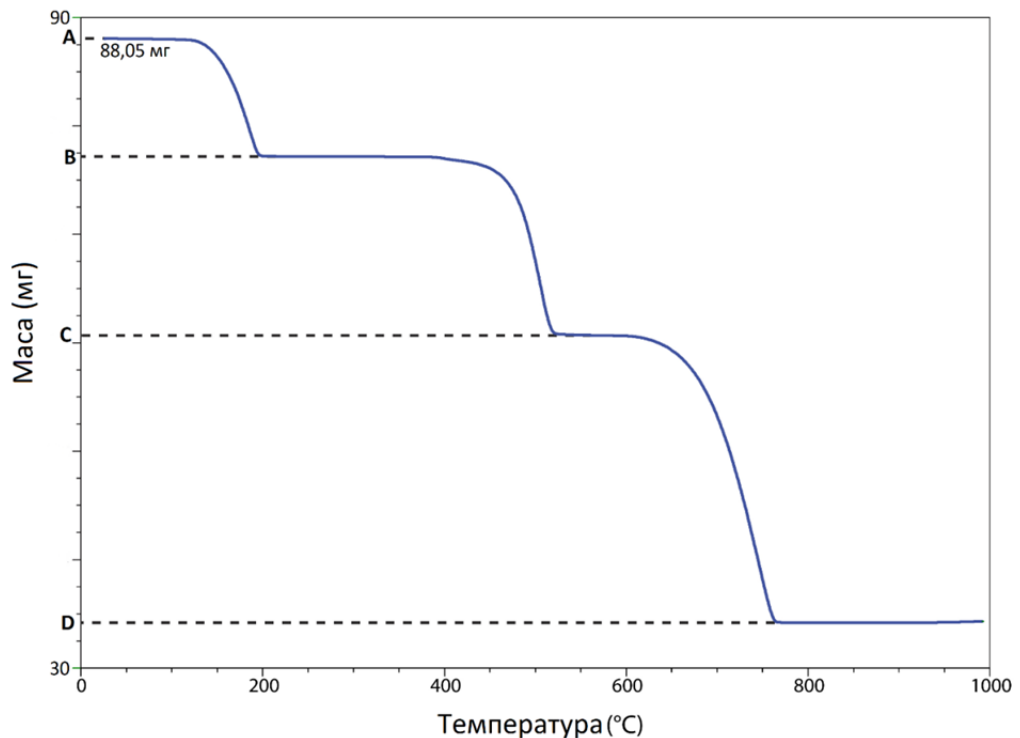
3. Формульна одиниця речовини **Y** містить 6 атомів **X** ( $w(\text{X}) = 24,3\%$ ) та досить розповсюджена в природі. Катіон –  $\text{Ca}^{2+}$ . До складу аніону входять лише атоми кисню та **X**. Визначте хімічну формулу речовини **Y**.

4. Запропонуйте структуру аніону сполуки **Y**, якщо **Y** містить лише один тип атомів **X** і два типи атомів кисню.

**Завдання 10**

Наважку 0,10000 г кальциту розчини у хлоридній кислоті, відділили катіони 3-5 аналітичної групи (за сірководневою класифікацією) та додали амоній оксалат. На цьому етапі об'єм розчину (назвемо **розчин 1**) становив 100,0 мл та  $pH = 1,00$  (концентрація амоній оксалату становила 0,0500 моль/л). Потім до **розчину 1** додали розчин сечовини ( $V=100,0$  мл) та нагріли до  $90^{\circ}C$ . Потім розчин охолодили до кімнатної температури, утворений осад **A** відфільтрували та висушили при  $105^{\circ}C$ . Маса осаду складала 0,13941 г.

Якщо відібрати наважку 88,05 мг **A** ( $w(O) = 54,79\%$ ), то при його подальшому нагріванні можна отримати сполуки **B**, **C** та **D** (в залежності від температури).



1. Визначте сполуки **A – D**. Наведіть необхідні розрахунки.
2. Які катіони, які не були відділені з аналіту, можуть співосаджуватися з йонами  $Ca^{2+}$ ?
3. Розрахуйте масову частку кальцію у мінералі (у %, вкажіть два знаки після коми). Вважайте, що катіони, зазначені у п.2 були відсутні у розчині.

В усіх наступних пунктах наводьте відповідь з трьома значущими цифрами.

4. Розрахуйте розчинність кальцій оксалату у воді за  $pH = 7,00$ . Вважайте, що оксалат-іон за даних умов не копропорціонує з йонами  $H^+$ .
5. Чи буде утворюватися осад **A** на етапі приготування **розчину 1**. Оберіть правильний варіант.

- А) Буде утворюватись осад
- Б) Осад утворюватись не буде

**II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 16**  
**9 клас, заочний тур, листи відповідей**

6. Яке рН має встановитися для осадження 99,99% усього  $\text{Ca}^{2+}$  з розчину?  
У кальциті досить часто зустрічаються домішки  $\text{Fe}^{2+}$ . Для розрахунків візьмемо розчин, що містить однакову кількість  $\text{Fe}^{2+}$  та  $\text{Ca}^{2+}$  (концентрація кожного 0,0100 М).
7. При додаванні амоній оксалату який іон буде осаджуватися першим?
8. Яка буде концентрація кожного з іонів, коли почнуть утворювати осад обидва катіони? Розведенням розчину знехтуйте (вважайте, що додається концентрований розчин амоній оксалату).
9. Яка масова частка заліза в осаді, якщо до розчину, який зазначено у передумові п.7, додати такий самий об'єм 0,0110 М розчину амоній оксалату (рН > 6,0). Ферум(II) оксалат осаджується у вигляді дигідрату.



Шифр учасника (заповнюється журі)



# **II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021**

**Лютий, 2021**

**10 клас  
Заочний тур**

**Умови**

# II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021

## Пам'ятка учаснику олімпіади

1. Умови завдань на 14-ті сторінках 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. Чітко відповідайте лише 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)		

### Завдання 1. Why so toxic?

Елемент **X** був відкритий у 19 столітті, коли хіміки помітили чорний залишок після розчинення деякої руди в царській горілці. Якщо прожарити цей чорний залишок на повітрі, можна відчути різкий запах, зумовлений утворенням леткої сполуки **A**. Вона застосовується в органічній хімії як окисник. При взаємодії **A** з хлоридною кислотою утворюється сполука **B**, в якій ступінь окиснення елемента **X** удвічі менший. Ще один із продуктів реакції - отруйний зеленуватий газ.

За допомогою водного розчину  $KCl$  **B** можна перетворити на **V** ( $w(K) = 16,25\%$ ,  $w(Cl) = 44,21\%$ ). Відновлення **V** цинком у кислому середовищі дає просту речовину **X**.

Елемент **X** здатний утворювати ще один цікавий клас сполук.

Взаємодія **A** з карбон(II) оксидом при нагріванні призводить до утворення одного з представників цього класу **Г** ( $w(C) = 15,89\%$ ,  $w(O) = 21,17\%$ ). **Г** реагує з бромом згідно з рівнянням  $Г + Br_2 = Д$ . Масова частка  $Br$  у сполуці **Д** дорівнює  $14,98\%$ .

1.1) **Розшифруйте** невідомі речовини.

1.2) **Напишіть** рівняння згаданих реакцій.

1.3) **Зобразіть** просторову будову сполуки **A** та аніону сполуки **B**.

1.4) **Зобразіть** просторову будову молекули **Г**, якщо відомо, що вона має вісь симетрії 3-го порядку і кожен ліганд зв'язаний лише з одним атомом **X**.

При взаємодії **A** з карбон(II) оксидом може утворитися ще один продукт. Його якісний склад такий самий, як **Г**, але він містить тільки 1 атом **X** у молекулі.

1.5) **Вкажіть** формулу цього продукту.

Температура кипіння **A** складає  $130^\circ C$ , температура кипіння води –  $100^\circ C$ , хоча молекула **A** більше ніж у 10 разів важча за воду.

1.6) **Виберіть правильне пояснення цього факту** в листах відповідей.

- Молекули **A** більш симетричні
- Речовина **A** має меншу густину насиченої пари в момент кипіння, ніж вода
- Речовина **A** при  $130^\circ C$  розкладається до сполуки з меншою молярною масою, і кипить саме вона
- Молекули води сильніше взаємодіють одна з одною, ніж молекули **A**
- Зв'язки в молекулі **A** приблизно в 10 разів довші, ніж у молекулі води

Ациклічний вуглеводень **E** ( $w(C) = 85,63\%$ ) піддали окисненню за допомогою **A**. Внаслідок цього утворилася сполука **Є** ( $w(O) = 20,62\%$ ), подальший гідроліз якої призвів до утворення **Ж**. Відомо, що структура **Є** містить цикл, але не містить жодних елементів симетрії, а до складу **Ж** входить удвічі менше атомів Оксигену, ніж до складу **Є**.

1.7) **Розшифруйте** невідомі речовини.

Ациклічний вуглеводень **И** ( $w(C) = 85,63\%$ ) піддали окисненню за допомогою **A**. Внаслідок цього утворилася сполука **І** ( $w(O) = 20,62\%$ ), подальший гідроліз якої призвів до утворення **К**. Відомо, що структура **І** містить цикл і вісь симетрії другого порядку, а до складу **К** входить удвічі менше атомів Оксигену, ніж до складу **І**.

1.8) **Розшифруйте** невідомі речовини.

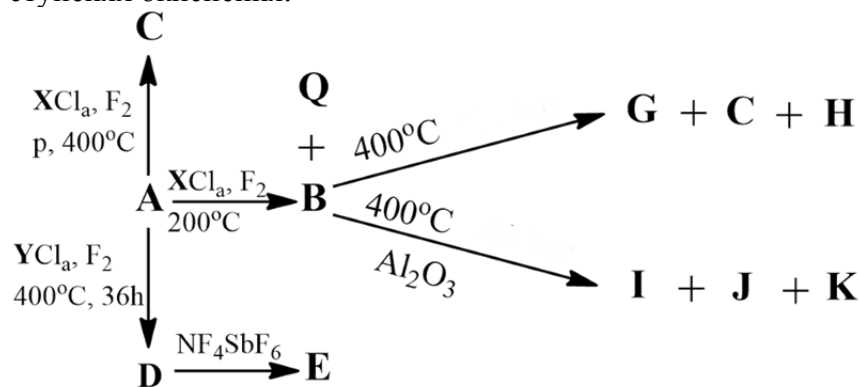
## Завдання 2. Активний Флуор

У далекому 1980-му році вчені захопилися ідеєю синтезувати комплекс d-металу з найбільшим вмістом активного Флуору. Відсотковий вміст активного Флуору відповідає масі молекулярного фтору, що має таку ж окисну здатність (приймає таку ж кількість електронів), як і 100 г речовини. Вважається, що масова частка активного Флуору в чистому фторі дорівнює 100%.

2.1) **Розрахуйте масову частку** активного Флуору в  $\text{OF}_2$ ,  $\text{XeF}_4$ ,  $\text{FCIO}_4$ ,  $\text{HF}$ , а також **наведіть** відповідні **рівняння напівреакцій** відновлення цих сполук.

Після серії дослідів вдалося отримати жовту речовину **E**, що містить метал **Y** і для якої характерний високий вміст активного Флуору. Її синтезували у дві стадії з білої кристалічної речовини **A**. Жовту речовину **D** отримали шляхом нагрівання (реакція 1) **A** з  $\text{YCl}_a$  в атмосфері фтору за температури  $400^\circ\text{C}$  протягом 36 годин. Далі речовину **D** було введено в реакцію з  $\text{NF}_4\text{SbF}_6$  (реакція 2) з утворенням **E**.

У ході досліджень вчені намагалися провести аналогічні перетворення, використовуючи сполуки металу **X**. Ключовою ціллю було отримання речовини **B**, в якій метал **X** знаходиться в досить нехарактерному ступені окиснення. При першій спробі проведення реакції  $\text{XCl}_a$  з **A** в атмосфері фтору (реакція 3) за тиску 130 атм та температури  $400^\circ\text{C}$  було отримано зелену речовину **C** і лише незначні кількості **B**. Але при зменшенні температури до  $200^\circ\text{C}$  та при використанні проточного реактору вдалося отримати **B** (реакція 4), проте з домішкою речовини **Q** (реакція 5), що не містить **X**. Речовина **B** виявилась досить нестійкою, вона моментально виділяла фтор при розчиненні в  $\text{HF}$  чи  $\text{BrF}_5$ . При нагріванні **B** до  $400^\circ\text{C}$  за високого парціального тиску фтору отримували суміш **G**, **C**, **H** – продуктів розкладу **B** (відповідно реакції 6, 7, 8). При використанні меншого парціального тиску фтору та при проведенні реакцій в тиглі з алюміній оксиду крім речовин **G**, **C**, **H** в продуктах також знаходили речовини **I**, **J**, **K** (відповідно реакції 9, 10, 11), з яких дві містять Алюміній, дві містять **X**, а одна містить **X** одночасно у двох різних ступенях окиснення.



	$W(\text{F})_{\text{акт}}, \%$	$W(\text{F}), \%$
<b>A</b>	0	12,5
<b>B</b>	8,57	25,7
<b>C</b>	3,3	19,78
<b>D</b>	8,74	26,22
<b>G</b>	?	18,75
<b>H</b>	?	27,89
<b>I</b>	5,1	30,48
<b>J</b>	?	21,12
<b>K</b>	?	33,79
<b>Q</b>	31,1	31,1

2.2) **Розшифруйте речовини** **A – K**, **Q**, **X**, **Y**, використовуючи дані таблиці.

2.3) **Напишіть** рівняння реакцій 1-11.

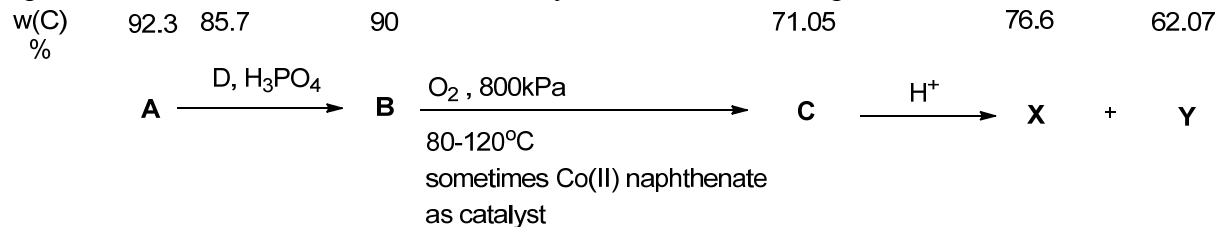
2.4) **Напишіть рівняння** реакції розкладу **E** за нормального тиску за умови, що всі елементи в продуктах розкладу, окрім Флуору, знаходяться в однаковому ступені окиснення, а також **розрахуйте масову частку** активного Флуору в **E**.



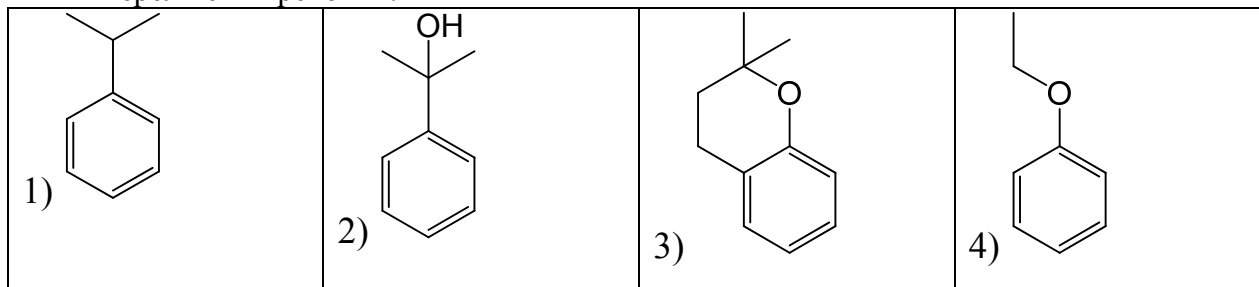
### Завдання 3. Гадання на вугіллі

У розрахунках використовуйте значення атомних мас хімічних елементів, округлені до цілих.

Речовина **X** - це безбарвні кристали. Вона широко використовується в виробництві антисептичних засобів, ПАР, полімерних матеріалів тощо. Нижче наведено схему промислового синтезу речовини **X**:



- 3.1) **Розшифруйте** формули речовин **A-D**, **X**, **Y**, якщо відомо що Оксиген міститься лише в речовинах **C**, **X**, **Y**.
- 3.2) **Зобразіть** механізм перетворення **A** в **B** та **C** в **X**.
- 3.3) Виходячи з механізму реакції **C-X**, **оберіть** найбільш імовірний побічний продукт з перелічених речовин:



- 3.4) На даний момент промислові методики цього синтезу відпрацьовані, проте продукти **X** та **Y** здатні взаємодіяти між собою в мольному співвідношенні 2:1 в кислому середовищі з утворенням речовини **Z**. **Зобразіть** будову продукту **Z** даного перетворення.

### Завдання 4. Баббіт

Юного хіміка чекало завдання – визначити склад сплаву Баббіту, який складається з олова, сурми та свинцю. Для цього він розділив наважку цього сплаву на дві рівні частини по 2,43 г.

Першу він розчинив в гарячій концентрованій сульфатній кислоті, розбавив водою та **додав хлоридної кислоти (1)**. Отриманий розчин він почав титрувати 0,1 М розчином калій бромату з метилоранжем в якості індикатора. На титрування пішло 8,3 мл розчину  $\text{KBrO}_3$ . Потім юний хімік **злив відтитрований розчин з осаду, нагрів осад з хлоридною кислотою, та знов відтитрував калій броматом (2)**. На цей раз на титрування пішло 0,7 мл розчину  $\text{KBrO}_3$ .

До відтитрованого розчину юний хімік додав залізну стружку, але спочатку він **створив атмосферу вуглекислого газу в колбі (3)**. Через деякий час випав осад, який юний хімік відфільтрував, а потім відтитрував фільтрат 0,1 М розчином йоду в присутності крохмалю. На титрування пішло 10 мл розчину йоду.

Другу наважку він **розчинив в суміші нітратної та винної кислот (4)**, а потім до отриманого розчину додав натрій хромат. Через деякий час у посудині утворився осад жовтого кольору, до якого він додав розчин KI та надлишок нітратної кислоти. В результаті взаємодії виділився йод, на титрування якого пішло 27 мл 1М розчину  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

4.1) **Напишіть** усі рівняння реакцій, що відбулися в ході дослідів.

4.2) **Визначте** масові частки компонентів сплаву.

4.3) **Виберіть** правильні твердження, що пояснюють кроки методики, виділені жирним шрифтом (1-4) (позначте в листах відповідей):

(1) Хлоридну кислоту додають для того, щоб

А) Знизити рН розчину і, як результат, покращити точність титрування;	
Б) При титруванні з калій броматом утворювався вільний хлор та знебарвлювався індикатор метиловий оранжевий;	
В) Утворити комплекси Стибію та Стануму, які значно гірше піддаються можливому гідролізу;	
Г) Краще осадити Плюмбум, тому що його сульфат не повністю випадає з розчину;	

(2) Відтитрований розчин зливають з осаду, а потім цей осад нагрівають з хлоридною кислотою та знов проводять титрування через те, що

А) Частина наважки могла не розчинитися на початку дослідів та змішатися з осадом;	
Б) Продукт титрування утворює з осадом ізоморфні включення, через що падає точність вимірювання;	
В) Осад адсорбує невелику кількість Стибію, в результаті чого не весь Стибій відтитровується з розчину;	
Г) Метилоранж утворює комплекси на поверхні осаду, тим самим утворюючи плівку, яка не пропускає іони, які аналізують;	

(3) Атмосфера вуглекислого газу створюється тому, що

А) $\text{Sn}^{2+}$ окислюється киснем повітря;	
Б) Реакція з залізом є вогнебезпечною;	
В) Продукт титрування з йодом нестабільний на повітрі;	
Г) Залізо може утворювати $\pi$ -комплекси з азотом та киснем, що унеможлиблює його використання для аналізу;	

**10 клас, заочний тур, умови**

(4) Наважку розчиняють в суміші нітратної та винної кислот, тому що

А) Винна кислота утворює буферний розчин, тим самим запобігає побічним реакціям;	
Б) Винна кислота утворює стійкі комплекси зі Станумом та Стибієм та утримує їх у розчині;	
В) Винна кислота використовується як консервант;	
Г) Винна кислота в подальшому використовується як індикатор при титруванні з йодом;	

### **Завдання 5. Екстракція**

Ферментація як технологія виробництва промислових хімічних речовин загалом і, зокрема, органічних кислот, відома вже більше століття. Протягом останніх десятиліть відроджується інтерес до виробництва ферментаційних хімікатів і потенційна роль енергоефективної технології отримує все більшу увагу. Поточний економічний вплив ферментаційних хімікатів, однак, все ще обмежений, значною мірою через труднощі виділення продукту. Таким чином, для того щоб ферментаційні кислоти проникли у промисловість, необхідні значні вдосконалення існуючої технології виділення. Одним з таких перспективних покращень є використання рідинної екстракції.

Важливою характеристикою є ступінь екстракції, який визначається відношенням кількості екстрагованої речовини в органічній фазі до початкової кількості у водній.

5.1) **Позначте** чинники, які впливають на ступінь екстракції органічних кислот

Солоність водного розчину	
pH	
Органічний розчинник	
Кількість екстракцій, за умови однакового сумарного об'єму	
Об'єм кожної фази за умови їх однакового співвідношення	

Для початку розглянемо процес екстракції йоду з його водного розчину концентрацією  $C=0,1\text{M}$  та об'ємом  $V_1 = 100$  мл у тетрахлорометан об'ємом  $V_2 = 20$  мл. Константа розподілу між водною та органічною фазами  $P = 90$ .

5.2) **Розрахуйте** ступінь екстракції йоду.

На екстракцію однієї з технологічно важливих кислот – пропанової – з водного розчину у н-гексан впливають, окрім розподілення між водною та органічною фазами (з водної в органічну  $P$ ), дисоціація кислоти у водному розчині ( $K_a$ ) та димеризація кислоти в органічній фазі ( $K_D$ ).

Іншою характеристикою екстракцій є коефіцієнт розподілу  $D$ , який дорівнює відношенню концентрації кислоти у всіх її формах в органічній фазі до концентрації кислоти у всіх її формах у водній фазі.

5.3) **Виведіть** вираз для розрахунку коефіцієнту розподілу  $D$  за допомогою поданих констант, концентрації  $H^+$  та поточної концентрації пропанової кислоти у водному розчині.

Для екстракції пропанової кислоти за допомогою н-гексану  $pK_a = 4,85$ ,  $P = 0,005$ ,  $K_D = 9000$  л/моль.

5.4) **Розрахуйте** коефіцієнт розподілу для поданого процесу, якщо початкова концентрація кислоти у воді  $C_0(C_3H_6O_2) = 0,01\text{M}$ ,  $pH = 4$ , а об'єм водної та органічної фаз однаковий.

5.5) **Як співвідносяться** коефіцієнт розподілу та ступінь екстракції у даному випадку?

5.6) **Чи буде коефіцієнт розподілу більше** для екстракції диетиловим етером? Відповідь позначте в листах для відповідей

- Так, через утворення водневого зв'язку між Оксигеном молекули диетилового етеру та Гідрогеном молекули кислоти.
- Ні, через утворення водневого зв'язку між Оксигеном молекули диетилового етеру та Гідрогеном молекули кислоти.
- Так, через утворення сильної диполь-дипольної взаємодії між Карбоном молекули диетилового етеру та Оксигеном молекули кислоти.
- Ні, через утворення сильної диполь-дипольної взаємодії між Карбоном молекули диетилового етеру та Оксигеном молекули кислоти.

Як ми вже переконалися, на екстракцію впливає димеризація, перебіг якої залежить від розчинника. Наприклад, для димеризації пропанової кислоти у толуені  $\Delta H = - 38$  кДж/моль, у дибутиловому етері  $\Delta H = - 9$  кДж/моль

10 клас, заочний тур, умови

- 5.7) **Який висновок** можна зробити щодо енергій сольватацій кислоти та димеру у толуені та дибутиловому етері? *Відповідь позначте в листах для відповідей*
- а. Різниця в енергії сольватації між димером та кислотою більше у толуені, аніж у дибутиловому етері через утворення водневого зв'язку між Оксигеном молекули дибутилового етеру та Гідроеном молекули кислоти.
  - б. Різниця в енергії сольватації між димером та кислотою більше у толуені, аніж у дибутиловому етері через реакцію між толуеном та кислотою.
  - в. Різниця в енергії сольватації між димером та кислотою менше у толуені, аніж у дибутиловому етері через утворення водневого зв'язку між Оксигеном молекули дибутилового етеру та Гідроеном молекули кислоти.
  - г. Різниця в енергії сольватації між димером та кислотою менше у толуені, аніж у дибутиловому етері через реакцію між толуеном та кислотою.

**II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 10**  
**10 клас, заочний тур, умови**

**Завдання 6. Чому він, а не я?**

Знання про ентальпію хімічних та фізичних явищ дає можливість визначати сили зв'язку між атомами. Кількісною мірою міцності зв'язку є енергія зв'язку ( $D$ ) – це мінімальна енергія, яку необхідно затратити для гомолітичного розриву хімічного зв'язку між атомами.

Гідриди силіцію  $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$  мають назву силани і є аналогами алканів. Як в більшості алканів присутній зв'язок  $\text{C}-\text{C}$ , так і в більшості силанів присутній зв'язок  $\text{Si}-\text{Si}$ .

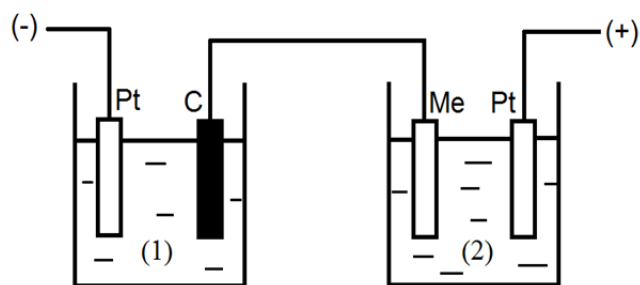
Стандартні ентальпії утворення ( $\Delta_f H$ ), кДж/моль							
$\text{Si}_{(г)}$	$\text{Si}_2\text{H}_{6(г)}$	$\text{C}_{(г)}$	$\text{C}_2\text{H}_{6(г)}$				
450	80.3		-83.8				
Енергії зв'язків ( $D$ ), кДж/моль							
H-H	Si-H	C-H	O=O	O-H	Si-O	Si-Si	C-C
436	293	338	498	423	452		
Ентропії утворення ( $\Delta_f S$ ), Дж/моль							
$\text{C}_{(г)}$	$\text{C}_{(тв)}$	$\text{O}_{2(г)}$	$\text{SiO}_{2(тв)}$	$\text{H}_2\text{O}_{(р)}$			
177.1	5.6	205	42	70			

$T_{\text{сублімації}}(\text{C}) = 3923 \text{ K}$

- 6.1) **Розташуйте в порядку зростання** енергії зв'язків  $\text{C}-\text{H}$ ,  $\text{O}-\text{H}$  та  $\text{H}-\text{Cl}$ .
- 6.2) **Заповніть** пропуски в таблицях.
- 6.3) **Оберіть** причини, які можуть пояснювати чому не існує такого розмаїття «органічних» речовин з атомами Si замість атомів Карбону. *Відповідь позначте в листах для відповідей.*
  - а) поширеність елемента Si в природі більша за C
  - б) зв'язок Si-Si слабший за зв'язок C-C
  - в) зв'язок Si-H слабший за Si-Si
  - г) електронегативність атому Si менша за C
  - д) атом Si має вільний d-підрівень, на відміну від C
  - е) радіус атому Si більший за C
- 6.4) **Виведіть формулу** (підставивши всі відомі значення) для знаходження енергії Гіббса ( $\Delta_f G$ ) для утворення дисилану ( $T_{\text{кипіння}} = 259 \text{ K}$ ) та етану ( $T_{\text{кипіння}} = 185 \text{ K}$ ) при зниженні температури до  $-25^\circ\text{C}$ , якщо при  $25^\circ\text{C}$   $K_p = 8,072 \cdot 10^{-23}$  і  $K_p = 5,810 \cdot 10^5$  для утворення дисилану та етану відповідно.
- 6.5) **Виведіть формулу** для знаходження ентальпії реакції горіння силанів в залежності від довжини ланцюга та **знайдіть** зміну енергії Гіббса для реакції горіння дисилану (н.у.). *(Якщо ви не змогли розв'язати попередні пункти задачі, вважайте  $D(\text{Si}-\text{Si}) = 432$  кДж/моль)*
- 6.6) **Вкажіть** основну причину, чому неможливо сконструювати робочий двигун внутрішнього згорання, що працює не на вуглеводнях, а на силанах.

### Завдання 7. Електроліз

Електроліз проводили в послідовно з'єднаних комірках (на рисунку). В першій знаходиться 50 мл розчину сульфату невідомого металу **Me**; в другій – 100 мл 10%-го розчину його хлориду (густина – 1,1 г/см<sup>3</sup>). рН в обох комірках дорівнює 3.



Спочатку увімкнули струм 1,5 А

та проводили електроліз годину. За цей час на катоді в першій комірці виділилося 1,155 г невідомого металу.

7.1) **Вкажіть**, що виступає катодом та анодом в обох комірках.

7.2) **Встановіть** невідомий метал **Me**. Врахуйте, що вихід за струмом в першій комірці дорівнює 65%, в другій комірці – 100%.

*Якщо вам не вдалося знайти метал, вважайте, що це – **цинк**.*

Потім поміняли графітовий електрод та електрод з невідомого **Me** місцями і проводили електроліз доти, доки в другій комірці перестала змінюватися маса катоду. Вважайте, що вихід за струмом в цьому випадку в обох комірках дорівнює 100%, а струм залишився сталим – 1,5 А.

7.3) **Обчисліть**, скільки часу (від початку другого дослід) проходив електроліз?

*Якщо вам не вдалося розрахувати час електролізу в другому досліді, використовуйте значення 2 год.*

7.4) **Обчисліть**, на скільки грамів (від початкової маси) зменшиться маса електроду з невідомого **Me** в кінці електролізу?

Електроліз продовжили далі протягом невідомого часу, а потім припинили. Відомо, що об'єм газів, що виділилися на аноді в другій комірці протягом усього досліді, дорівнює 3,136 л (н.у.). Отримані газоподібні речовини були пропущені через трубку, що містить 14,4 г металевого кальцію і були повністю поглинені.

7.5) **Обчисліть**, скільки відсотків кальцію залишилося після пропускання газової суміші.

7.6) **Запишіть рівняння реакцій** на катоді та аноді та сумарних реакцій для обох комірок.

7.7) За допомогою табличних даних та наступних умов **обчисліть потенціал** можливих напівреакцій, що відбуваються на аноді в 2-й комірці та **зробіть висновок**, який з цих процесів переважає.

	$E^0$	<p>рН = 3  <math>T = 25^\circ\text{C}</math>                      Парціальний тиск усіх газів вважайте 1 атм.                      Значення перенапруги газів (на платині):  <math>\Delta E(\text{O}_2) = 0.39 \text{ V}</math>  <math>\Delta E(\text{Cl}_2) = 0.01 \text{ V}</math>  <math>\Delta E(\text{H}_2) = -0.93 \text{ V}</math></p>
$\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-$	1,36 В	
$\text{O}_2/4\text{OH}^-$	0,40 В	
$\text{O}_2/2\text{H}_2\text{O}$	1,80 В	
$\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$	0,34 В	
$\text{H}_2/2\text{H}^+$	0,83 В	

**Завдання 8. Водні і неводні розчини НВг**

Розчин бромідної кислоти в оцтовій використовують в фармацевтиці, в синтезі барвників, світлочутливих матеріалів та ін. Для приготування безводної бромідної кислоти існує кілька різних підходів. За одним із способів змішують водний розчин НВг та оцтовий ангідрид.

8.1) **Визначіть** максимальну концентрацію НВг в  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (за масою), яку можна одержати, якщо використати оцтовий ангідрид та водний розчин НВг (масова частка кислоти – 68,85%).

Щоб одержати розчин більшої концентрації, використовують третій компонент – ацетилбромід.

8.2) **Обчисліть**, які об'єми водного розчину НВг (48% за масою, густина  $1,49 \text{ г/см}^3$ ), оцтового ангідриду (густина  $1,08 \text{ г/см}^3$ ) та ацетилброміду (густина  $1,66 \text{ г/см}^3$ ) потрібно взяти для одержання 100 г безводного НВг в оцтовій кислоті з масовою концентрацією 33%.

8.3) **Обчисліть рН** розчину, який утвориться при розведенні 100 г розчину, отриманого в п.8.2. до 1 л водою.

8.4) **Обчисліть рН**, розчину, який утвориться, якщо до розчину, отриманого в п.8.3. додати 16,28 г натрій гідроксиду. Зміною об'єму знехтувати.

8.5) **Обчисліть, яким стане рН**, якщо до розчину, отриманому в п.8.4. ще додатково додати 22,33 г натрій гідроксиду? Зміною об'єму знехтувати.

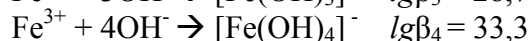
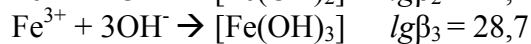
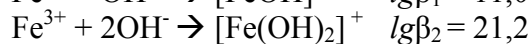


### **Завдання 9. Залізнi ігри**

Тi речовини, що ми звикли розглядати як типові осади, можуть бути більш чи менш розчинні за різних умов. Найбільший вплив на це має склад розчину. Кількісною мірою тут виступає *розчинність* – кількість речовини розчиненого осаду в одиниці об'єму розчину при досягненні рівноваги між осадом та розчином.

У цій задачі ми розглянемо вплив складу розчину на розчинність осаду  $\text{Fe}(\text{OH})_3$   
 $pK_s(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 38,7$

На розчинення осаду також впливають реакції комплексоутворення:



9.1) **Вкажіть** які з приведених нижче факторів впливають на розчинність осаду, а які – ні.

Температура	
Атмосферний тиск	
Вологість повітря	
Розчинник	
Іонна сила розчину	
Форма кристалів осаду	
Маса осаду	

9.2) **Виведіть** формулу залежності розчинності осаду(моль/л) від рН розчину.

Якщо сумарна концентрація усіх комплексних іонів більше, ніж у 100 разів менша за концентрацію  $\text{Fe}^{3+}$ , то комплексоутворенням можна знехтувати.

9.3) **Обчисліть** значення рН, при якому можна знехтувати комплексоутворенням.

9.4) **Запишіть** формулу залежності розчинності осаду від рН, нехтуючи комплексоутворенням та впливом розчинення осаду на рН.

9.5) **Обчисліть** розчинність осаду  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  у розчині, що містить  $\text{HCl}$  молярною концентрацією 0,106 М. Вважайте, що Ферум не утворює комплексів з хлорид-іоном.

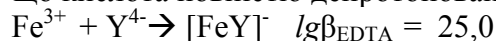
9.6) **Обчисліть** розчинність осаду  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  у буферному розчині, що був приготований змішуванням 50 мл 0,5 М розчину  $\text{NH}_4\text{Cl}$  та 5 мл 10% розчину  $\text{NH}_3$  (густина – 958 г/л). Вважайте, що Ферум не утворює комплексів з амоніаком.

Для довідки:  $pK_a(\text{NH}_4^+) = 9,24$

9.7) **Обчисліть** значення рН, при якому розчинність осаду буде мінімальною.

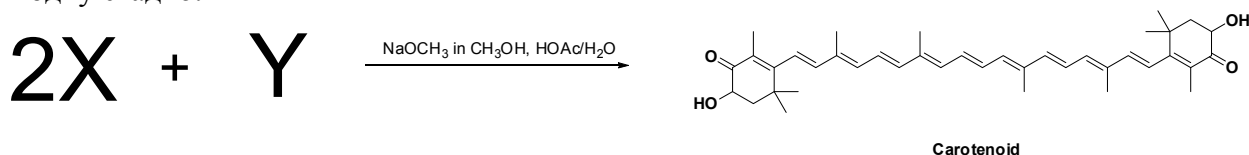
**Підказка:** у рамках даного пункту можна застосовувати будь-які засоби для розв'язку рівнянь

9.8) **Розрахуйте** розчинність осаду у розчині, що містить 0,1 М тетранатрієвої солі EDTA та буферний розчин з попереднього пункту (далі  $Y^{4-}$  - іон EDTA, вважати, що кислота повністю депротонувана)

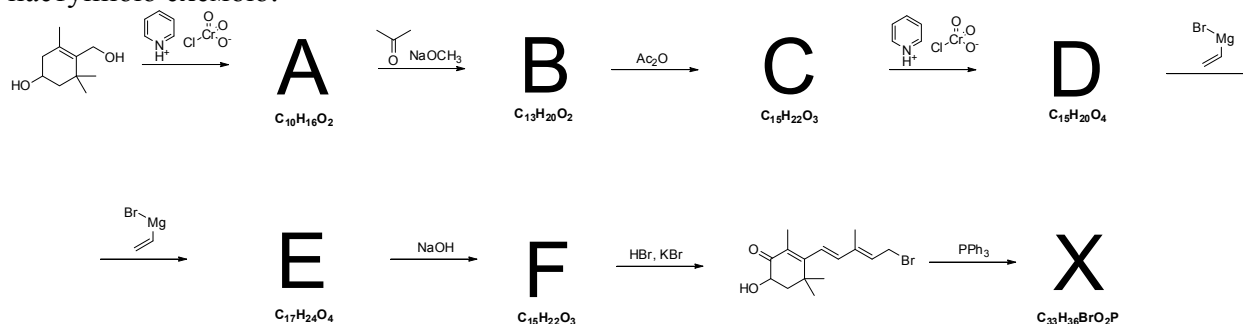


### Завдання 10. Рожевий Фламінго

Цікавий факт – рожеві фламінго насправді народжуються не рожевими. Такого забарвлення вони набувають внаслідок поїдання дрібних ракоподібних, колір яких зумовлений високим вмістом пігменту, що належить до класу каротиноїдів. Цей каротиноїд має промислове значення і застосовується у виробництві продуктів харчування. Тому розробка методів його синтезу є досить важливою. У промисловості зазначений каротиноїд отримують з речовин **X** та **Y** в одну стадію:

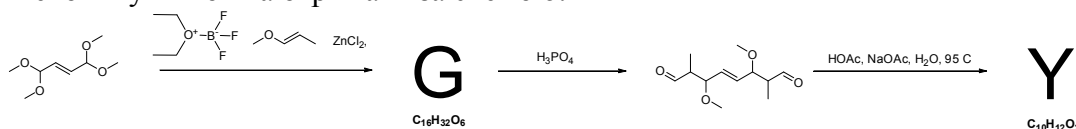


Однак самі речовини **X** та **Y** отримати не просто. Так, речовину **X** можна синтезувати за наступною схемою:



10.1) **Розшифруйте** речовини **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F** та **X** та зобразіть відповідні структурні формули.

Речовину **Y** можна отримати за схемою:



10.2) **Розшифруйте** речовини **G** та **Y** та **зобразіть** відповідні структурні формули.

10.3) Згаданий каротиноїд може існувати у вигляді стереоізомерів. **Вкажіть** їх кількість. **Зобразіть** будову кожного з них, **вказавши конфігурацію** кожного стереоцентру за R/S – номенклатурою.

10.4) **Вкажіть**, розчини яких стереоізомерів, згаданих у попередньому пункті, здатні обертати площину поляризації світла.

10.5) Реакція утворення каротиноїду з **X** та **Y** є іменною. **Вкажіть** прізвище вченого, який її відкрив.



Шифр учасника (заповнюється журі)



# II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021

Лютий, 2021

## 11 клас Заочний тур Умови

Оцінки за задачі (заповнюється журі)

Номер задачі	Максимальна кількість балів	Оцінка	Прізвище, ініціали	Підпис
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
<b>Сума</b>				

# II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021

## Пам'ятка учаснику олімпіади

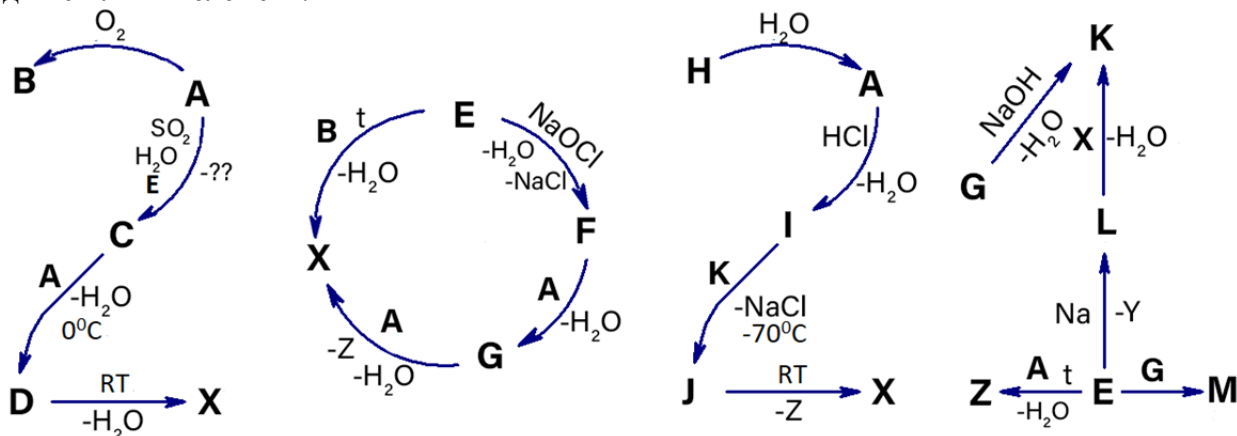
1. Умови завдань на 19-ті сторінках надаються у форматі pdf.
2. Всі результати повинні бути записаними лише у **відведених для цього полях**. Все, що написано в будь-якому іншому місці, не оцінюється.
3. Чітко відповідайте лише на **питання, поставлені в умові задачі**. Правильні твердження, що не мають 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)		

Завдання 1. Неорганічні перетворення.

Нижче наведена схема перетворень, де всі зашифровані речовини, крім однієї мають один спільний елемент.



Сполуки **A**, **B**, **C**, **D** мають однаковий якісний склад. Сполуки **E**, **F**, **G** та **M** також мають однаковий якісний склад та є бінарними. Молекулярні маси рідин **C** та **F** відрізняються на одиницю. Масова частка кисню в сполуці **J** складає 22,22%, а масова частка одного з елементів в **M** складає 93,33%. Кислота **D** може існувати у вигляді цис-транс ізомерів, а аніон кислоти **G** є псевдогалогенідом. Газ **Y** та **Z** є легшими за повітря, а газ **X** раніше використовувався в анестезії. RT у схемі – кімнатна температура. Стадія **E** в **X** відбувається з попереднім випаровуванням усієї води. На схемі наведені також усі реагенти та побічні продукти реакцій (крім випадку, коли під стрілкою знаки питання).

- 1.1. Знайдіть всі невідомі речовини.
- 1.2. Розташуйте речовини **C**, **E**, **F**, **G** та **L** за зменшенням їх основних властивостей.
- 1.3. Напишіть рівняння всіх реакцій представлених на схемі.
- 1.4. Запишіть мезомерні форми газу **X** та кислоти **G**.

**Завдання 2. Шведський стіл.**

Мінерал **Y** є представником широкого класу мінералів **X**, що мають однакову стехіометрію. Кристали **Y** мають темне забарвлення, яке варіюється від темно-коричневого кольору до чорного, мінерал є стабільним при нагріванні.

Наважу **Y** масою 1,153 г розчинили в концентрованій сульфатній кислоті, виділення газів не спостерігалось. Отримали істинний прозорий розчин слабкорозового кольору. Об'єм розчину довели до 100,0 мл (*розчин 1*).

**2.1.** У таблиці позначте, до якого типу мінералів може відноситися **Y**. Поясніть кожен варіант, який вважаєте неправильним.

Тип мінералу	Може (+)/ не може (-)	Пояснення
Оксиди		
Гідроксиди		
Карбонати		
Сульфід		
Силікати		
Фосфати/арсенати		
Сульфати		
Вольфрамати		

Мінерал **Y** містить два метали **A** і **B**. Найбільш розповсюдженими катіонами металу **B** є **B1** та **B2**, ступінь окиснення металу **B** в **B2** більше на одиницю, ніж в **B1**. Катіон **B1** зазвичай кількісно визначають титруванням деяким забарвленим титрантом, а розчин в точці еквівалентності містить катіон металу **A** та **B2** у співвідношенні 1:5. *Розчин 1* містить ті ж катіони, але в іншому співвідношенні.

**2.2.** Встановіть метали **A** і **B**, катіони **B1** та **B2**, запишіть рівняння реакції, що відбувається при визначенні **B1**.

Для кількісного визначення металу **B** відібрали аликвоту розчину **1** об'ємом 10,0 мл, додали надлишок розчину **KI**, кілька крапель крохмалю та відтитрували 14,7 мл 0,0680 М розчину натрій тіосульфату, кінцевий об'єм розчину дорівнює 25 мл.

**2.3.** Розрахуйте масову частку металу **B** в **Y**, наведіть рівняння реакцій, що відбуваються під час кількісного визначення **B**.

**2.4.** Розрахуйте константу рівноваги реакції, що відбувається при титруванні тіосульфатом.

**2.5.** Розрахуйте потенціал точки еквівалентності цієї реакції.

Метал **A** визначають методом диференціальної спектрофотометрії. Для цього розчин **1** розводять у 10,0 разів, отримуючи розчин **2**. Далі відбирають аликвоту об'ємом 10,0 мл розчину **2**, доводять до об'єму 100 мл і отримують розчин **3**. Відбирають аликвоту об'ємом 20,0 мл розчину **2**, доводять до об'єму 100 мл і отримують розчин **4**. Відбирають аликвоту об'ємом 20,0 мл розчину **2**, вводять додаткових 0,500 мг металу **A** у формі солі та доводять до об'єму 100 мл і отримують розчин **5**. **A** попередньо був окиснений під час пробопідготовки до найвищого ступеня окиснення, а дані світлопоглинання за однакової довжини хвилі занесено в таблицю:

№ розчину	3	4	5
A	0,231	0,456	0,497

**2.6.** Визначте масову частку **A** в **Y**.

**2.7.** Розрахуйте коефіцієнт екстинкції, якщо довжина кювети 1 см.

**2.8.** Визначте формулу **Y**, якщо він належить до одного з типів, указаних у пункті **2.1**.

**2.9.** Назвіть клас мінералів **X**, до якого належить **Y**.

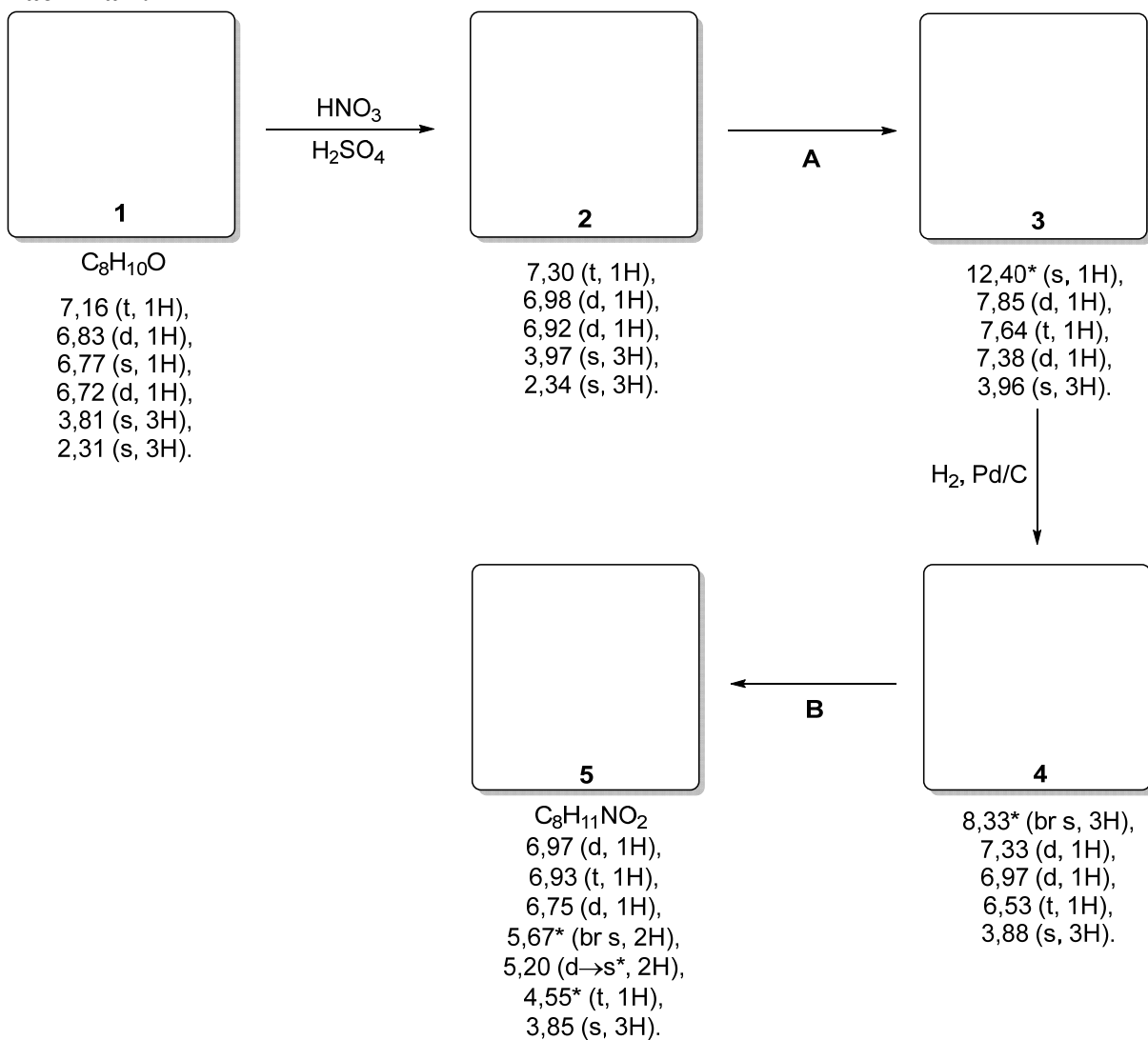
$$\text{Довідка: } E_{I_2/2I^-}^{\circ} = 0,535 \text{ В, } E_{S_4O_6^{2-}/2S_2O_3^{2-}}^{\circ} = 0,080 \text{ В}$$

**Завдання 3. NMR Puzzle.**

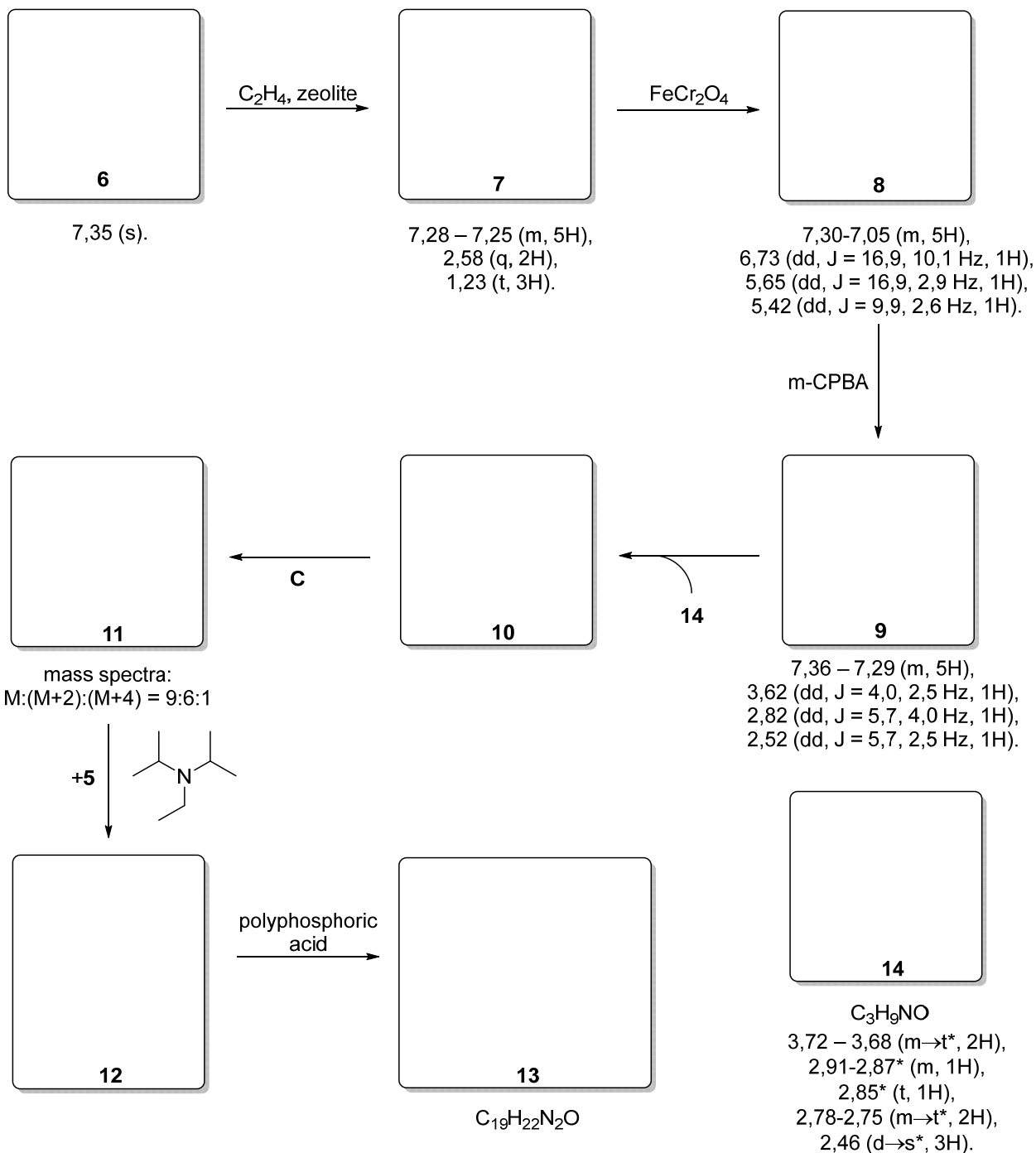
Юний хімік, працюючи в лабораторії, знайшов старий лабораторний журнал. У цьому журналі залишилися лише фізико-хімічні дані різних методів аналізу інтермедіатів синтезу речовини **13** і деякі методики синтезу. Допоможіть йому встановити структури усіх інтермедіатів синтезу.

P.S. зірочкою позначені ті сигнали, які зникають при додаванні дейтерованої води; якщо мультиплетність сигналу помічена зірочкою – то при додаванні дейтерованої води змінюється мультиплетність даного сигналу (наприклад, d→s\* позначає, що до додавання дейтерованої води в спектрі спостерігався дуплет, а після додавання дейтерованої води дуплет замінився синглетом); br s - уширений синглет; s – синглет; d – дублет; dd – дублет дублетів; t – триплет; q – кватрет; m – мультиплет (тонка структура спектра занадто важка для аналізу; деякі сигнали могли накладатися).

**Частина 1.**



Частина 2.



- 3.1. У яких положеннях заміщене ароматичне кільце у сполуці **1** з даних ЯМР? Встановіть її структуру.
- 3.2. У яке положення йде заміщення в ароматичному кільці у сполуці **1** з даних ЯМР? Встановіть структуру сполуки **2**.
- 3.3. Про наявність якої функціональної групи свідчить обмінний протон при 12,4 м.ч? Встановіть структуру сполуки **3** та запропонуйте реактив **A**.
- 3.4. Відомо, що сполука **4** існує у цвіттер-іонній формі. Яка функціональна група відновилась у сполуці **3**, якщо сполука **4** містить 3 обмінні протони? Встановіть структуру сполуки **4**.
- 3.5. За даними брутто-формули, яка функціональна група змінилась? Запропонуйте реактив **B** для цього перетворення та структуру сполуки **5**.
- 3.6. Встановіть структуру сполук **6** – **8**, якщо це процес промислового синтезу речовини **8**, яка є мономером відомого полімеру.



**11 клас, заочний тур, умови**

**3.7.** Встановіть структури сполук **9**, **14** та **10**, якщо сполука **10** – похідне бензилового спирту.

**3.8.** Наведіть структуру сполуки **11** та запропонуйте реактив **C**. Про наявність яких галогенів та якої їх кількості свідчать дані мас-спектру сполуки **11** (виберіть одну правильну відповідь)?

A) Одного атому хлору

B) Одного атому бромю;

C) Двох атомів хлору;

D) Одного атому хлору та одного атому бромю;

E) Двох атомів бромю.

**3.9.** Встановіть структуру сполуки **12**, якщо вона містить піперазиновий цикл і не містить атомів галогенів.

**3.10.** Встановіть структуру сполуки **13**, якщо вона є тетрациклічною, а одним з циклів є 7-члений. За яким механізмом відбувається утворення цієї сполуки (достатньо назвати механізм, наводити його схему необов'язково)?

**3.11.** Для сполук **8** та **14** співвіднесіть дані ПМР із атомами гідрогену цих структур.

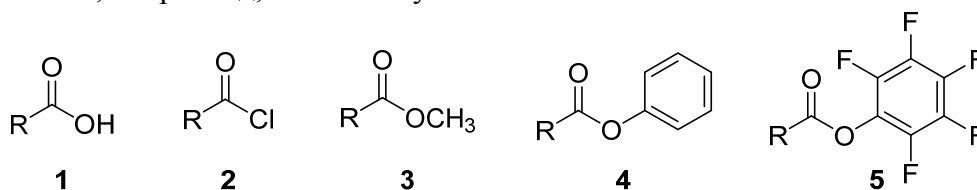
**Завдання 4. Ацилювання.**

Мабуть не буде перебільшенням сказати, що найпоширенішою органічною реакцією є реакція ацилювання в різних її варіаціях. До прикладу, два надважливі класи сполук, що входять до складу живих організмів – жири та білки, утворюються саме в результаті реакції ацилювання певними карбоновими кислотами двох різних функціональних груп.

**4.1.** Назвіть ці функціональні групи. Для жирів наведіть структурну формулу та назву конкретної органічної сполуки, а для білків – загальну структурну формулу та назву класу органічних сполук, які треба проацилювати щоб їх отримати.

Найчастіше в якості ацилюючого агенту застосовуються не карбонові кислоти, а їх похідні, наприклад, хлорангідриди та естери.

Нижче наведені формули сполук, що можуть використовуватись в реакції ацилювання, наприклад, метиламіну.



**4.2.** Що обумовлює реакційну здатність похідних карбонових кислот в реакції ацилювання? Розташуйте ці сполуки в порядку збільшення реакційної здатності.

Згадані в попередньому пункті естери, в свою чергу, можуть бути отримані напряму з карбонових кислот. Утворення естеру при змішуванні, наприклад, оцтової кислоти та бутилового спирту можна зафіксувати за приємним грушевим ароматом. Ця реакція *естерифікації* є оборотною та відбувається значно швидше при використанні каталізатору – невеликої кількості сильної мінеральної кислоти.

**4.3.** Згадайте механізм утворення бутилацетату. Як вплине на швидкість реакції, в порівнянні з кислотою, додавання невеликої кількості луку до суміші кислоти та спирту?

- Значно збільшиться, що призведе до вибуху
- Збільшиться
- Не зміниться
- Зменшиться
- Повністю зупинить реакцію

**4.4.** Як вплине (збільшиться, зменшиться чи не зміниться) вихід бутилацетату в реакції естерифікації при

- a. використання в якості розчинника бутилового спирту?
- b. використання в якості розчинника бутил ацетату?
- c. видалення води з реакційної суміші за допомогою азеотропної перегонки?

- |   |  |  |
|---|--|--|
| a. <input type="checkbox"/> Збільшиться | a. <input type="checkbox"/> Не зміниться | a. <input type="checkbox"/> Зменшиться |
| b. <input type="checkbox"/> Збільшиться | b. <input type="checkbox"/> Не зміниться | b. <input type="checkbox"/> Зменшиться |
| c. <input type="checkbox"/> Збільшиться | c. <input type="checkbox"/> Не зміниться | c. <input type="checkbox"/> Зменшиться |

Естери широко застосовуються в косметичній промисловості. Наприклад, стеариновий естер етиленгліколю ( $C_{38}H_{74}O_4$ ) входить до складу деяких зволожуючих кремів та шампунів/гелів для душу. В промисловості його отримують за допомогою реакції естерифікації етиленгліколю стеариновою кислотою. Оскільки реакція оборотна, то, насправді, в результаті отримують суміш моно- та диестерів і саме в такому вигляді її застосовують.

Уявіть, що ви інженер, що контролює якість отриманого *етиленгліколь стеарату*. На вашому підприємстві згідно з технологічним процесом використовується співвідношення реагентів етиленгліколь:стеаринова кислота, що дорівнює 1 : 2. Після закінчення реакції суміш в інертному органічному розчиннику промивають від стеаринової кислоти та етиленгліколю, що не прореагували, випарюють, і в такому

## II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 10

### 11 клас, заочний тур, умови

вигляді використовують. Отже, за результатами аналізу зразку реакційної суміші (до його промивки) ви виявили, що після проведення реакції в суміші залишається 25% від початкової кількості карбоксильних груп, а кількість речовини спиртових груп у 1,389 рази більша за кількість речовини спиртових груп у промитому зразку продукції.

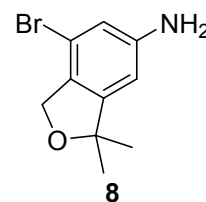
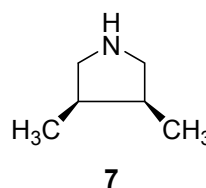
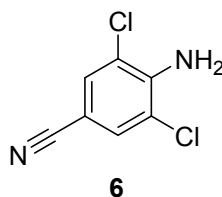
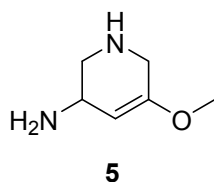
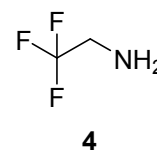
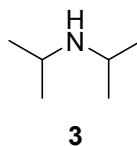
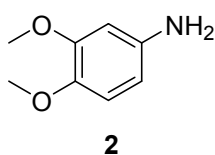
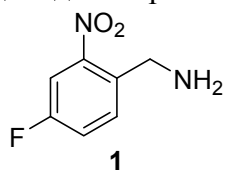
**4.5.** Розрахуйте співвідношення згаданого моно- до дієстеру в виготовленій підприємством продукції.

**4.6.** Чим варто промивати розчин реакційної суміші, щоб позбутися вихідних реагентів?

(оберіть вірні твердження та напишіть для видалення чого цей розчин використовується)

- |  |
|--|
| <input type="checkbox"/> концентрованим розчином лугу, для видалення _____         |
| <input type="checkbox"/> розчином соди, для видалення _____                        |
| <input type="checkbox"/> розведеним розчином сірчаної кислоти, для видалення _____ |
| <input type="checkbox"/> водою, для видалення _____                                |

Не зважаючи на важливість естерів в нашому побуті, все ж таки найважливіша частина реакцій ацилювання для органічного хіміка – саме ацилювання амінів, а не спиртів. Без сумніву, навряд чи вдасться знайти хіміка-синтетика, який жодного разу не ацилював той чи інший амін. Аміни дуже різняться за своїми властивостями, найважливішими з яких є основність, нуклеофільність, стерична утрудненість. Нижче наведені деякі приклади амінів, що можуть використовуватися в реакції ацилювання.



**4.7.** Віднесіть наведені аміни до наступних категорій. Зауважте, що кожна молекула може входити одночасно до декількох категорій.

**4.8.** Вкажіть найменш та найбільш активний в реакції ацилювання ароматичний амін, а також два найменш активних аліфатичних (неароматичних) аміни.

Найбільш активний ароматичний амін –
--------------------------------------

Найменш активний ароматичний амін –
-------------------------------------

Найменш активні аліфатичні аміни –
------------------------------------

На практиці, при ацилюванні амінів майже завжди застосовується конденсуючий агент, наприклад *дициклогексил карбодімід* (DCC). Він виконує одночасно роль активатора карбонільної групи та зневоднюючого агенту, що дозволяє проводити реакцію ацилювання в м'яких умовах - без нагрівання, та досягати помітно вищих виходів реакції ацилювання. Так, при ацилюванні деякого аміну *циклопропіл карбоною кислотою* з використанням DCC вдалося отримати таку ж саму масу продукту реакції при в 2 рази більшому виході реакції, як при ацилюванні цього ж аміну *3-бromo-4-ізопропіл-бензойною кислотою*.

**4.9.** Наведіть структурну формулу вихідного аміну, якщо в результаті реакції утворюється тільки один продукт ацилювання, а до складу вихідного аміну входять тільки Гідроген, Карбон та Нітроген.

**II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 11**  
**11 клас, заочний тур, умови**

**Завдання 5. Задача про кінетику.**

**Частина 1**

Реакції окиснення аніону  $\Gamma$  в реакції з реагентом  $X$ , що призводять до утворення йоду, можуть використовуватися для створення "хімічних годинників" – систем, забарвлення яких різко змінюється через певний проміжок часу. Виникнення забарвлення реакційної суміші є ознакою того, що пройшов певний, заздалегідь визначений, час. Для виникнення забарвлення до реакційної суміші додають крохмаль та певну кількість натрій тіосульфату.

**5.1.** Які з наведених нижче тверджень є вірними? Дві відмітки в одному рядку (і "Так, і "Ні") не оцінюються, так саме, як і незаповнене місце відповіді.

	Так	Ні
Хімічний годинник на основі вказаної в задачі хімічної реакції може працювати лише тоді, коли стандартний окисно-відновний потенціал пари $X^{n/m}$ (де $n, m$ – заряди окисненої і відновленої форм $X$ , відповідно) вищий за стандартний окисно-відновний потенціал пари $I_2/2\Gamma$		
Хімічний годинник на основі вказаної в задачі хімічної реакції може працювати лише тоді, коли константа швидкості реакції йоду з натрій тіосульфатом більша, ніж константа швидкості реакції $\Gamma$ з $X$		
Реакція окиснення іонів $\Gamma$ повинна описуватися кінетичним рівнянням цілого порядку (на відміну від дробового порядку), лише тоді хімічний годинник буде давати однакові результати при повторенні експерименту		
Якщо після виникнення забарвлення в момент часу $t_1$ до реакційної суміші додати певну порцію розчину натрій тіосульфату, якої достатньо для взаємодії з усім йодом, що утворився після $t_1$ , забарвлення зникне і знову виникне в момент часу $t_2$ . Час додавання цієї порції тіосульфату ніяким чином не впливає на значення $t_2$ , якщо, звичайно, цієї порції достатньо для зв'язування усього йоду, що утворився на момент її додавання (іншими словами, якщо йоду виділилося занадто багато, додавання порції натрій тіосульфату просто не призведе до знебарвлення розчину, але якщо її додати "вчасно", момент виникнення синього забарвлення – час $t_2$ – не залежить від часу додавання цієї порції натрій тіосульфату)		
Час виникнення забарвлення не залежить від вибору $X$ , за умови, що кожен з варіантів $X$ приймає однакову кількість електронів на 1 моль, а в дослідах з різними $X$ відповідні молярні концентрації усіх реагентів однакові (та, звичайно, завжди додається крохмаль!)		

**Частина 2**

Юний хімік Петро для дослідів приготував наступні розчини речовин в воді:

Розчин **A**:  $FeCl_3$ ,  $c = 0,0240$  М; розчин **Б**:  $KI$ ,  $c = 0,0240$  М; розчин **В**:  $Na_2S_2O_3$ ,  $c = 0,000120$  М. Один з розчинів містить крохмаль. В першому експерименті Петро змішав по 10,0 мл розчинів А, Б і В. Синє забарвлення з'явилося через 20 секунд. "Дуже швидко, - подумав Петро, - мені хотілося б, що було удвічі довше". І тоді він розбавив кожен з розчинів А, Б і В водою рівно в 2 рази (приготував таким чином розчини А1, Б1 і В1). Коли Петро змішав по 10,0 мл розчинів А1, Б1 і В1, синє забарвлення з'явилося не через 40, а через 80 секунд! "Ні, це взагалі не те, що мені потрібно, - сказав Петро вже вголос, - я хочу 40 секунд".

І з цією думкою він взяв 10,0 мл розчину А, 10,0 мл розчину Б1 і 10,0 мл розчину В1. Після змішування цих розчинів забарвлення з'явилося через 40 секунд... "Я молодець, - подумав Петро, - все зрозуміло. Треба розбавляти лише два розчини."

І з цією думкою він ліг спати. А наступного дня він вирішив показати дослід своїм друзям, але взяв 10,0 мл розчину А1, 10,0 мл розчину Б і 10,0 мл розчину В1. І після змішування забарвлення з'явилося через 20 секунд, так саме, як і в самому першому досліді... Друзі

## II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 12

### 11 клас, заочний тур, умови

засміялися, сказали: "Ти просто переплутав розчини". Петрові стало соромно, і тоді він вирішив вчитися, а не розв'язувати задачі шляхом підбору.

Вважайте, що розчини змішуються миттєво, реакція починається в момент  $t = 0$  після змішування розчинів, температура розчинів однакова і не змінюється при змішуванні, а йонна сила, рН, тощо не впливають на швидкість реакції.

Розрахунки:	
5.2.1. Визначте порядок реакції за йоном $\text{Fe}^{3+}$	
5.2.2. Визначте порядок реакції за йоном $\text{I}^-$	
5.2.3. Оберіть розмірність константи швидкості	моль/(л·с)
	л/(моль·с)
	л <sup>2</sup> /(моль <sup>2</sup> ·с)
	л/(моль·с <sup>2</sup> )
л <sup>3</sup> /(моль <sup>3</sup> ·с)	
5.2.4. Визначте константу швидкості реакції для тієї розмірності, яку Ви обрали вище	
5.2.5. Розрахуйте час виникнення забарвлення при змішуванні розчинів А1, Б1, В, по 10,0 мл кожного (в секундах)	

### Частина 3

5.3. Уявіть, що ви проводите дослід, який описаний в задачі. Якою має бути послідовність змішування розчинів в реальному експерименті для одержання найбільш точних результатів. Виберіть з запропонованих варіантів вірну відповідь.

Спочатку змішати А і Б, увімкнути секундомір і швидко додати В	
Спочатку змішати Б і В, швидко додати А і одночасно увімкнути секундомір	
Не має значення	

## II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 13 11 клас, заочний тур, умови

### Завдання 6. «Неорганічна Невода».

*“Of all known liquids, ammonia most closely approaches water...”*

Franklin and Kraus (1899)

Розчини більшості неорганічних сполук є водними за замовчуванням, тому в інших випадках розчинник завжди уточнюється. Серед полярних неводних розчинників, вірогідно, найбільш дослідженим є азан, що більш відомий як амоніак або аміак. Зазначені розчинники схожі за своєю природою, але існують й деякі суттєві розбіжності.

**6.1.** Серед запропонованих фізико-хімічних властивостей оберіть ті дві, що визначають принципові відмінності води та рідкого амоніаку як розчинників:

- а) температура плавлення; б) питома електропровідність; в) діелектрична стала;  
 г) кінематична в'язкість; д) питома теплопровідність; е) густина у рідкому стані;  
 є) іонний добуток рідини; ж) спорідненість до протону; з) температура кипіння.

У промисловості амоніак синтезують шляхом каталітичної «фіксації» атмосферного азоту воднем, який, у свою чергу, отримують конверсією метану. Нижче у таблиці наведені відповідні термодинамічні дані за температури 25°C.

Речовина (g)	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>
$\Delta_f H_{298}^\circ$ , кДж моль <sup>-1</sup>	0	-241,82	-74,81	-110,53	-393,51	0	-46,11
$S_{298}^\circ$ , Дж моль <sup>-1</sup> К <sup>-1</sup>	130,68	188,83	186,26	197,67	213,74	191,61	192,45

**6.2.** За допомогою розрахунків встановіть, яка саме конверсія метану є термодинамічно більш вигідною в розрахунку на моль водню за 700 °С. Для пошуку відповіді заповніть відповідну таблицю.

**6.3.** Розрахуйте термодинамічну константу рівноваги для синтезу Габера-Боша за 25°C. У скільки разів зміниться константа рівноваги після підвищення температури до 500°C? Для пошуку розв'язку заповніть відповідну таблицю.

Так само, як у воді або у водних розчинах, у середовищах на основі рідкого амоніаку (ammonia, am) встановлюється рівновага самоіонізації, іонний добуток ( $K_{am}$ ) якої становить  $1,9 \cdot 10^{-33}$  за температури -50°C.

**6.4.** Наведіть відповідну рівновагу та розрахуйте показник кислотності рідкого амоніаку. Застосувавши необхідні наближення розрахуйте показник основності для розчинів, що були приготовлені шляхом внесення 0,070 моль натрій аміду та 0,030 моль нашатирю у 250 мл та 100 мл амоніаку, відповідно.

Для вимірювання електродних потенціалів окисно-відновних пар у рідкому амоніаку використовується стандартний електрод, подібний до добре відомого стандартного водневого електрода, що застосовується для водних розчинів.

**6.5.** Наведіть відновну напівреакцію, яка відбувається на «водневому» електроді у рідкому амоніаку, та рівняння Нернста для відповідного потенціалу.

Нижче у таблиці наведені стандартні електродні потенціали для деяких напівреакцій в амоніачних розчинах за температури -35°C.

Напівреакція	$E^\circ$ , В
$Ag^+_{(am)} + e^- = Ag_{(s)}$	+0,76
$[Ag(NH_2)_2]^-_{(am)} + e^- = Ag_{(s)} + 2NH_2^-_{(am)}$	-1,00
$Na^+_{(am)} + e^- = Na_{(s)}$	-1,89
$2NH_3(l) + H_{2(g)} = 2e^-_{(am)} + 2NH_4^+_{(am)}$	-1,95

Для йонів перехідних металів у рідкому амоніаку характерне утворення низки

## II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 14

### 11 клас, заочний тур, умови

стійких координаційних сполук.

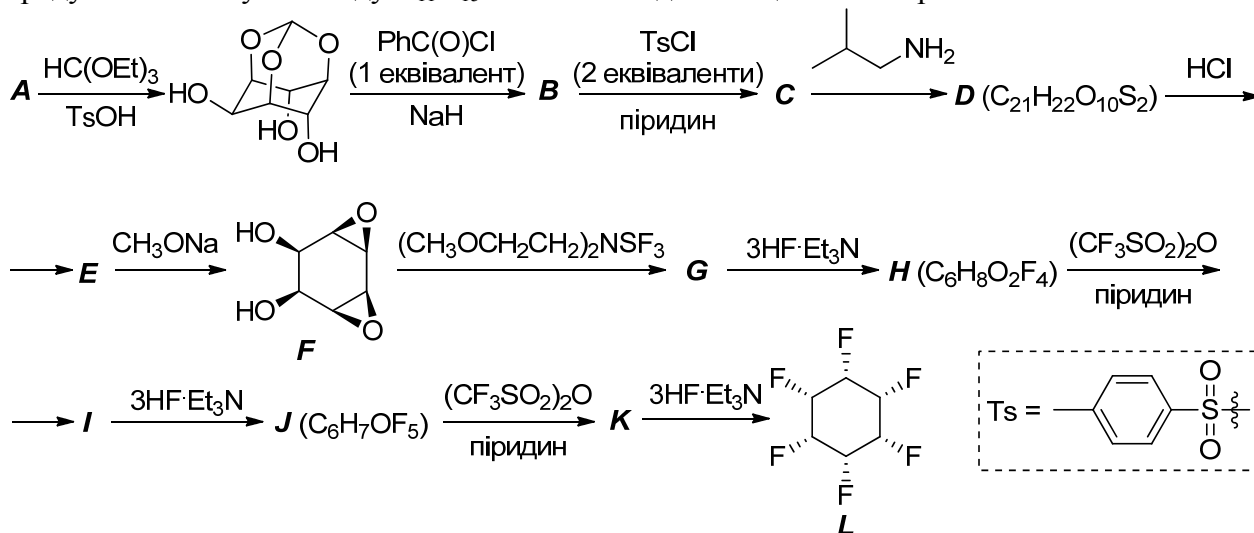
**6.6.** Розрахуйте константу стійкості амідного комплексу аргентуму(I), використовуючи для розв'язку виключно рівняння Нернста.

При внесенні лужних металів до рідкого амоніаку утворюються інтенсивно забарвлені розчини синього кольору. Дивовижним виявляється те, що після випаровування розчинника вдається кількісно отримати вихідний метал. Даний факт пояснюється утворенням у розчині незвичайних «аніонів».

**6.7.** Спрогнозуйте максимальну концентрацію сольватованих електронів, що може бути досягнута внаслідок катіон-електронної дисоціації натрію у рідкому амоніаку.

**Завдання 7. Дволикій Янус.**

Нижче зашифровано схему синтезу речовини **L**. Відомо, що сполука **A** містить 40,00% Карбону, 6,71% Гідрогену та ще один елемент, і жодна зі сполук **A – L** не містить Нітрогену або Хлору. Окрім цього, на стадії утворення **D** ( $C_{21}H_{22}O_{10}S_2$ ) ще одним продуктом є сполука складу  $C_{11}H_{15}NO$ . **H** – має дві площини симетрії.



7.1. Встановіть брутто-формулу сполуки **A**.

7.2. Наведіть структури сполук **A – L** з вказанням їх стереохімічних особливостей.

7.3. Чи є серед сполук **A – L** оптично активні? Якщо так, то які саме?

7.4. Зі всіх можливих стереоізомерів **L** наведіть структурні формули тих двох, що є оптично активними.

7.5. Якою є основна конформація сполуки **L**? Скільки замісників займають аксіальне та екваторіальне положення?

7.6. Нещодавно було запропоновано набагато простіший, одностадійний метод синтезу сполуки **L**, що ґрунтується на взаємодії бінарної сполуки **M** та простої газуватої речовини **N** у присутності деякого комплексу Родію (I). Що становлять собою сполуки **M** та **N**?

7.7. Скільки сигналів у спектрах  $^{13}\text{C}$  ЯМР сполук **H**, **J** та **L**? Зйомка спектрів проходила за підвищеної температури – вважайте переходи між конформаціями швидкими за шкалою часу ЯМР.

7.8. Зобразіть механізм утворення **D**.

7.9. Для молекули **L** було передбачено дуже високий дипольний момент – 6,2 D (для порівняння: дипольний момент флуороформу майже учетверо менше – 1,65 D) Чим це можна пояснити? Яким чином орієнтований вектор дипольного моменту для **L**?

7.10. На останній стадії сполука **L** насправді не є основним продуктом; окрім неї також утворюється **J**. Як можна пояснити утворення **J**?

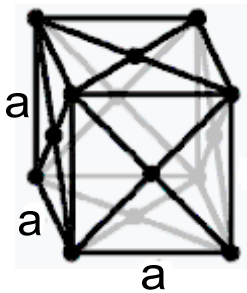
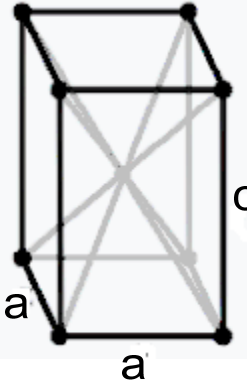
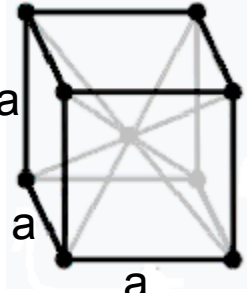


**II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 16**  
**11 клас, заочний тур, умови**

**Завдання 8. Штучний елемент.**

Плутоній - перший елемент, отриманий в значних кількостях синтетичним шляхом. Він був відкритий у кінці 1940 р у Каліфорнійському університеті. Перший отриманий ізотоп цього елементу -  $^{239}\text{Pu}$  спочатку здавався безперспективним. Однак він виявився схильним до альфа-розпаду з випусканням альфа-частинок з великою енергією, завдяки чому зараз його використовують в радіоізотопних джерелах енергії. Такі джерела можуть виробляти електроенергію впродовж десятків років.

Металічний плутоній має 7 аллотропних модифікацій. Його фізичні властивості сильно залежать від знаходження в певній модифікації. Так, наприклад, щільність твердого металу змінюється від  $19,8 \text{ г/см}^3$  до  $15,9 \text{ г/см}^3$ . Нижче в таблиці наведені характеристики кристалічної ґратки деяких модифікацій для ізотопу  $^{239}\text{Pu}$ .

Модифікація	Тип кристалічної ґратки		Параметри ґратки	Густина, $\text{г/см}^3$
$\delta$	Кубічна гранецентрована		$a = 4,63 \text{ \AA}$	15,92
$\delta'$	Тетрагональна об'ємно- центрована		$a = 3,34 \text{ \AA}$ $c = ?$	16,00
$\epsilon$	Кубічна об'ємно- центрована		$a = ?$	?

**8.1.** Розрахуйте атомну масу ізотопу  $^{239}\text{Pu}$ .

**8.2.** Визначте параметр ґратки  $c$  для  $\delta'$  модифікації та атомний радіус плутонію (з даних для  $\delta$ -модифікації).

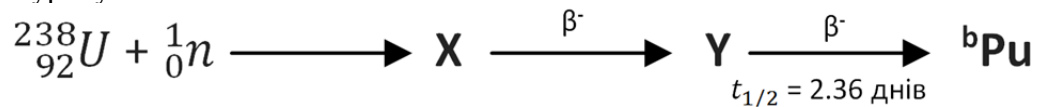
**8.3.** Розрахуйте параметр ґратки  $a$  та густина для  $\epsilon$  модифікації.

Оскільки в природі плутоній зустрічається тільки у слідових кількостях в уранових рудах ( $\sim 10^{-10}\%$ ), то його отримання в необхідних кількостях можливе тільки у ядерних реакторах. Інший дуже важливий ізотоп плутонію ( $^{239}\text{Pu}$ ) широко використовується у

## II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 17

### 11 клас, заочний тур, умови

атомній енергетиці та при створенні ядерної зброї. Його отримують за наведеною нижче схемою з урану 238.

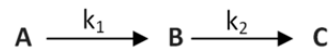


При захваті нейтрону атом урану 238 перетворюється на атом **X** з якого після двох реакцій бета-розпаду утворюється ізотоп  ${}^b\text{Pu}$ .

**8.4.** Запишіть ядерні реакції та визначте атомну масу ізотопу  ${}^b\text{Pu}$ .

**8.5.** Розрахуйте період напіврозпаду для **X**, якщо за годину з 200 г **X** утворюється 166 г **Y**.

Для послідовних реакцій, наприклад:



Залежності концентрацій речовин від часу, при певній початковій концентрації **A** та нульових початкових **B** і **C** будуть мати наступний вигляд:

$$\begin{cases} [A] = [A]_0 * e^{-k_1 t} \\ [B] = [A]_0 * \frac{k_1}{k_2 - k_1} * (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) \\ [C] = [A]_0 - [A] - [B] \end{cases}$$

**8.6.** Розрахуйте який відсоток  ${}^b\text{Pu}$  утвориться з деякої маси **X** через 2,36 днів?

**II дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2021 18**  
**11 клас, заочний тур, умови**

**Завдання 9. Аналіз добрива.**

Карбамід-аміачна суміш (КАС) – висококонцентроване рідке добриво, його основні компоненти – амоній нітрат та карбамід. Також в КАС можуть міститися вільний амоніак та амоній сульфат. КАС містить Нітроген у трьох різних формах: амонійній, нітратній та карбамідній. Тому його внесення у ґрунт зумовлює пролонговане підживлення рослин цим елементом.

На аналіз у лабораторію постувила проба КАС, густина якої при 25°C складає 1,300 г/см<sup>3</sup>. В ході аналізу проби використовували такі реактиви:

1. Спиртові розчини індикаторів:

Метиловий червоний, 0,2%

Фенолфталеїн, 0,5%

Індикатор №1: 0,2% метилового червоного + 0,1% метиленового синього

Індикатор №2: 0,5% фенолфталеїну + 0,5% тимолфталеїну

2. Водний розчин формаліну нейтралізований (далі – «**формалін**»): до 25%-го водного формаліну додають декілька краплин розчину фенолфталеїну, потім 1 моль/л розчин NaOH до блідо-рожевого забарвлення, після чого – 1-2 краплини 0,05 моль/л розчину H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> до знебарвлення.

3 пробою проведені наступні досліді:

1. Наважку КАС масою 5,000 г розвели дистильованою водою та відтитрували розчином H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,1000 моль/л) за індикатором №1. Об'єм кислоти 20,60 мл.

2. У конічну колбу відібрали 20 мл формаліну, 2,000 г КАС, розвели дистильованою водою, додали декілька краплин індикатору №2 та відтитрували розчином NaOH (0,5000 моль/л). Об'єм лугу 21,10 мл.

3. У конічну колбу відібрали 1,500 г КАС, додали 5 мл дистильованої води та 5 мл концентрованої H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Прокип'ятили протягом 15 хвилин та охолодили. Додали декілька краплин розчину метилового червоного та нейтралізували розчин 5 моль/л NaOH. Долили 40 мл формаліну та декілька краплин індикатору №2. Відтитрували розчином NaOH (1,000 моль/л). Об'єм лугу 24,60 мл.

4. До проби КАС масою 0,5000 г додали 1,2 г порошкоподібного хрому та 7 мл концентрованої хлоридної кислоти. Прокип'ятили 5 хвилин, додали 20 мл концентрованої H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> та прокип'ятили ще 15 хвилин. Суміш перенесли у колбу для перегонки, додали 100 мл 30%-го розчину NaOH та відігнали близько 70 мл рідини у колбу-приймник, у яку вміщено 25,00 мл H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,2500 моль/л). Розчин у колбі-приймнику відтитрували розчином NaOH (0,1000 моль/л) за індикатором №1. Об'єм лугу 18,10 мл.

9.1. Як змінюватиметься колір розчину у досліді 3 під час титрування.

9.2. Чому перед аналізом КАС необхідно нейтралізувати формалін?

9.3. Для кожного досліді 1-4 окремо напишіть усі рівняння реакцій в іонній формі, що відбуваються.

9.4. Розрахуйте вміст у пробі КАС (у % мас.):

Вільного NH <sub>3</sub>	
Іонів NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
Карбаміду	
Амоній нітрату	
Загальний вміст Нітрогену	

9.5. Розрахуйте маси карбаміду, аміачної селітри та амоній сульфату, та об'єми 28,0%-го водного розчину амоніаку (густина 0,900 г/см<sup>3</sup>) та води (густина 0,997 г/см<sup>3</sup>), необхідні для приготування 60,0 м<sup>3</sup> залізничної цистерни такої КАС. Якщо вам не вдалось вирішити п.4, то для розрахунків у п.9.5. прийміть такі значення: w((NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO) = 39,2%, w(NH<sub>3</sub>) = 0,923%, w(NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) = 20,4%, w(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) = 6,52%

11 клас, заочний тур, умови

**Завдання 10. pH розведених розчинів або баланс за зарядом не буде зайвим.**

У відповіді наводьте число з 3 значущими цифрами. В усіх пунктах задачі коефіцієнтом активності можна знехтувати.

**10.1.** Для початку згадаємо pH досить концентрованих розчинів. Розрахуйте pH наступних розчинів (або розчинів, що утворились при змішуванні рівних об'ємів розчинів для п. **10.1.2** та **10.1.3**):

**10.1.1.** 0,100 М НА ( $pK_a = 4,98$ )

**10.1.2.** 0,200 М НА + 0,0600 М NaOH

**10.1.3.** 0,200 М НА + 0,400 М NaOH

**10.1.4.** 0,100 М Na<sub>2</sub>HВ (Для кислоти Н<sub>3</sub>В:  $pK_{a1} = 3,11$ ;  $pK_{a2} = 6,88$ ;  $pK_{a3} = 11,78$ )

**10.1.5.** 0,500 М NH<sub>4</sub>HC<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ( $pK_a(NH_4^+) = 9,24$ ;  $pK_{a1}(H_2C_2O_4) = 1,25$ ;  $pK_{a2}(H_2C_2O_4) = 4,14$ )

**10.1.6.** 0,100 М (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

**10.2.** Розрахуйте pH розчину  $1,00 \cdot 10^{-5}$  М НС ( $pK_a = 9,10$ )

**10.3.** До розчину у п.2 додали еквімолярну кількість  $1,00 \cdot 10^{-5}$  М розчину NaOH. Яке значення pH встановилось тепер?

**10.4.** Яку кількість речовини NaOH (сухого, в ммоль) треба додати до 100 мл розчину у п.2, щоб значення pH встановилось на рівні 7,00.

**10.5.** Серед наведених нижче розчинів оберіть той, 100 мл додавання якого до 100 мл розчину у п.2 призведе до найменшого змінення pH розчину:

A) H<sub>2</sub>O;

B)  $9,22 \cdot 10^{-7}$  М НС;

C)  $2,51 \cdot 10^{-6}$  М HD ( $pK_a = 8,50$ );

D)  $8,12 \cdot 10^{-8}$  М NaOH;

**10.6.** Розрахуйте pH одержаного розчину з п.10.5.

**10.7.** Буферні розчини характеризуються тим, що підтримують постійне значення pH, яке майже не змінюється при додаванні кислоти, луку чи при розведенні. Але при досить сильному розведенні pH все ж змінюється достатньо сильно. Знайдіть, на яку максимальну величину може змінитися pH буферного розчину NaE + HE ( $pK_a(HE) < 4$ ) при розведенні у 2 рази.

**10.8.** Хай деякий буферний розчин було дуже сильно розведено до концентрацій  $2,00 \cdot 10^{-7}$  М NaE +  $1,00 \cdot 10^{-7}$  М HE. Знайдіть pH цього розчину.

Буферна ємність ( $\beta$ ) для розчину, що складається зі слабкої кислоти та її солі з сильною основою може бути розрахований за наступною формулою:

$$\beta = 2,303 \left( \frac{K_w}{[H^+]} + [H^+] + \frac{c(НА+А^-)K_a[H^+]}{(K_a+[H^+])^2} \right), \text{ де } c(НА+А^-) - \text{концентрація усіх форм}$$

кислоти (і протонізованої, і депротонізованої).

При додаванні малої кількості кислоти  $\Delta pH$  може бути розраховане за формулою  $\Delta pH = \frac{\Delta n}{\beta}$ , де  $\Delta n$  – кількість моль доданої кислоти, поділене на об'єм розчину.

**10.9.** Покажіть, що для концентрованих буферних розчинів, для яких дійсною є формула для pH буферного розчину, буферна ємність не залежить від константи кислотності.

**10.10.** Розрахуйте буферну ємність для розчину 0,200 М NaA + 0,100М НА ( $pK_a = 4,98$ ). Розрахуйте, яку кількість речовини HCl (в молях) потрібно додати до 100 мл цього розчину, щоб змінити pH на 0,10. Розрахуйте це число двома методами: а) за допомогою буферної ємності; б) стандартної формули для розрахунку pH буферного розчину. Порівняйте результати.