



Шифр учасника (заповнюється журі)

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023

Заочний тур

УМОВИ

**КИЇВ
лютий 2023**

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023

Пам'ятка учаснику олімпіади

1. Умови заочного туру надані на n сторінках.
2. Повно та аргументовано відповідайте на питання, поставлені в умові задачі лише в листах відповідей у **відведених для цього полях**. Все, що написано в будь-якому іншому місці, не оцінюється. Правильні твердження, що не мають відношення до поставлених у задачі питань, не оцінюються.
3. Викладайте розв'язки завдань зручною для вас мовою. Граматичні помилки не впливають на оцінку роботи.
4. Якщо в умові задачі не сказано інше, при розрахунках використовуйте значення молярних мас елементів з двома знаками після коми.

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) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

8 клас

Завдання 8.1. Лабораторія пана Нохля (Автори: Данилейко Кирило; Лапшова Маргарита)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 8.1.1 | 8.1.2 | 8.1.3 | 8.1.4 | 8.1.5 | 8.1.6 | 8.1.7 | Сума |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Перевірка | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 10 |

У лабораторії одного дивакуватого хіміка на ім'я Нохль зберігалися речовини, що містили тільки атоми деяких трьох елементів. Ось інформація про будову їх зовнішніх енергетичних рівнів:

Елемент 1: $2s^2 2p^3$

Елемент 2: $2s^2 2p^4$

Елемент 3: $3s^2 3p^5$

Вчений був справжнім колекціонером хімічних сполук.

8.1.1. Запропонуйте якомога більше сполук, що могли б бути частиною колекції Нохля, якщо відомо, що він не зберігав у себе прості речовини, а також речовини, молекули яких містили більше чотирьох атомів.

| |
|--|
| |
|--|

8.1.2. Які з запропонованих Вами речовин могли б у реальному житті зберігатися тривалий час у закритій банці за стандартних умов на хімічному складі? Як може вплинути вода на ці речовини? За потреби наведіть рівняння відповідних реакцій.

| |
|--|
| |
|--|

8.1.3. Для кожної згаданої Вами в п.1.1 речовини зобразіть структурну будову, а також визначте гібридизацію некінцевих атомів.

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| | | |
| | | |

Кожен з обраних Нохлем елементів здатен утворювати бінарну сполуку з Карбоном у його максимальному ступені окиснення.

8.1.4. Наведіть хімічні, а також структурні формули цих сполук. Опишіть характер зв'язків у цих сполуках, а також розташуйте ці сполуки за збільшенням довжини відповідного зв'язку між атомом Карбону та атомом улюбленого елемента Нохля. Коротко поясніть цю послідовність.

Примітка: для кожного елемента обирайте зв'язок найбільшого порядку, якщо таких зв'язків декілька.

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| | | |

Сусід Карбону по групі – Силіцій також може утворювати подібні сполуки. У фізичних властивостях їх сполук з елементом 1 та 3 є багато спільного, а от сполуки з елементом 2 повністю відрізняються: у випадку Карбону це газ, у випадку Силіцію – тверда речовина.

8.1.5. Поясніть таку відмінність у фізичних властивостях цих сполук.

| |
|--|
| |
|--|

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

8.1.6. Розташуйте елементи 1, 2, Карбон, Силіцій у порядку збільшення енергії іонізації. Відповідь поясніть.

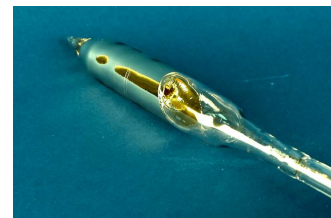
8.1.7. Розташуйте елементи 1, 3, Карбон, Силіцій у порядку збільшення енергії спорідненості до електрона. Відповідь поясніть.

Завдання 8.2. Сплав лужних металів (Автор: Кона Іван)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 8.2.1 | 8.2.2 | 8.2.3 | 8.2.4 | 8.2.5 | Сума |
|-----------|----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| Перевірка | 3 | 2,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 10 |

Наважку сплаву калію з іншим лужним металом масою 13,89 г обробили надлишком води. Після повного розчинення сплаву у воді об'єм газу, що виділився та був вимірний при $t = 25\text{ }^\circ\text{C}$ та $p = 105\text{ кПа}$, склав 2,00 л. Відомо, що мольна частка жодного з компонентів наважки не перевищує 60%.



8.2.1. Визначте, який інший лужний метал входив до складу сплаву.

8.2.2. Розрахуйте масові частки компонентів у сплаві.

8.2.3. Розрахуйте максимальну масу Fe_3O_4 , яку можна відновити до заліза газом, що виділився в результаті реакції сплаву з водою.

Відомо, що 100 мл розчину, отриманого після реакції сплаву масою 13,89 г з водою, реагує із певним об'ємом розчину хлоридної кислоти з концентрацією 1 моль/л.

8.2.4. Визначте об'єм розчину хлоридної кислоти, необхідний для повної нейтралізації утворених гідроксидів.

8.2.5. Розрахуйте молярні концентрації хлоридів кожного з металів в отриманому розчині.

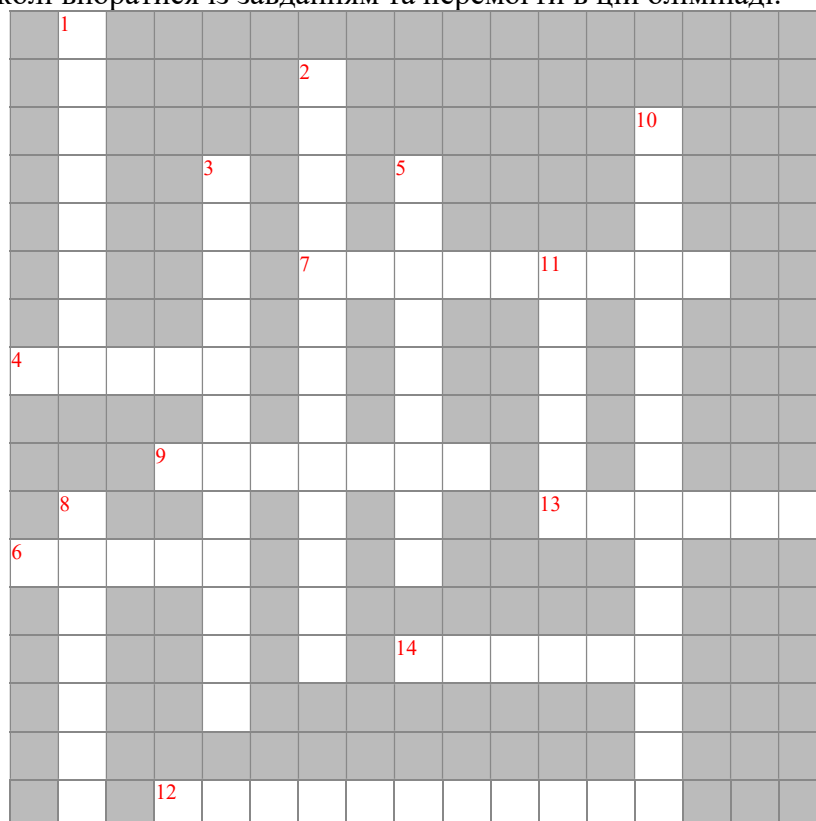
IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

Завдання 8.3. Кросворд (Автор: Гриньова Анастасія)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 8.3.1 | 8.3.2 | 8.3.3 | Сума |
|-----------|-------|-------|-------|------|
| Перевірка | 7 | 2 | 1 | 10 |

Прийшовши на олімпіаду з хімії, Микола отримав задачу, в якій потрібно розв'язати наступний кросворд. Оскільки хімія – експериментальна наука, то слова, які там зашифровані, пов'язані із посудом, експериментальними техніками тощо. Допоможіть Миколі впоратися із завданням та перемогти в цій олімпіаді.



По вертикалі:

1. Маленька циліндрична посудина для проведення хімічних реакцій або відбору зразків речовин
2. Яким методом можна розділити суміш мідного купоросу та кухонної солі?
3. Спосіб розділення сумішей, на якому заснована дія протигазу
5. Як добути із нафти бензин?
8. За допомогою чого можна відміряти 2 мл води із високою точністю?
10. Як пришвидшити розділення суміші глини з водою? (Підказка: для цього суміш ставлять у пристрій, який обертає пробірку по колу)
11. За допомогою чого можна найшвидше розділити суміш парафіну із залізом?

По горизонталі:

4. Одяг хіміка

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки



6. _____ колба
7. За допомогою якого приладу можна дізнатися температуру кипіння однорідної суміші?
9. Пальник _____ використовує газ як джерело енергії
12. Приміщення, в якому працює хімік
13. У якому посуді хімік може посушити в печі осад BaSO_4 ?
14. У якому посуді хімік може подрібнити зразок мінералу перед його детальним аналізом?
- 8.3.1. **Заповніть** кросворд.

- 8.3.2. Відповіді на питання **2, 3, 5, 10, 11** є методами розділення сумішей, кожен із яких засновується на відмінностях у фізичних властивостях компонентів. **Встановіть відповідність** між фізичними властивостями та номером способу.

| | |
|----------------------|--|
| Температура кипіння | |
| Розчинність | |
| Густина | |
| Розмір частинок | |
| Магнітні властивості | |

- 8.3.3. **Яким ще способом** можна розділити суміш парафіну та залізних ошурків?

Задача 8.4. Простіше нікуди (Автор: Згінник Олександр)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 8.4.1 | 8.4.2 | 8.4.3 | 8.4.4 | 8.4.5 | 8.4.6 | 8.4.7 | Сума |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Перевірка | 0,5 | 1 | 1,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 3 | 10 |

Вугілля може горіти утворюючи, як CO , так і CO_2 в залежності від співвідношення C та O_2 .

- 8.4.1. **Напишіть** рівняння реакцій про які йдеться в умові.

- 8.4.2. Для реакції взяли 6 г C та 2,24 л O_2 за нормальних умов. **Яка маса CO** виділиться внаслідок реакції?

- 8.4.3. Для реакції взяли 6 г C та 7,84 л O_2 за нормальних умов. **Скільки літрів CO** та CO_2 утвориться?

- 8.4.4. Для реакції взяли 6 г C та 13,44 л O_2 за нормальних умов. **Скільки літрів CO** та CO_2 утвориться?

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

8.4.5. Розрахуйте парціальні тиски усіх газів у системах, наведених в п.8.4.2-8.4.4 після проведення реакції при постійному зовнішньому тиску 1 атм.

8.4.6. Розрахуйте густину кожної з газових сумішей утворених у п.8.4.2-8.4.4 за нормальних умов та відносні густини за гелієм.

8.4.7. Побудуйте графіки залежності об'ємних часток CO, O₂ та CO після проходження реакцій від доданого об'єму O₂.

Задача 8.5. Комар в клітці (Автор: Галатин Петро)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

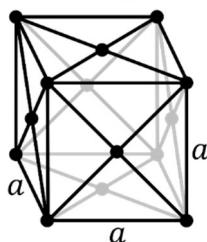
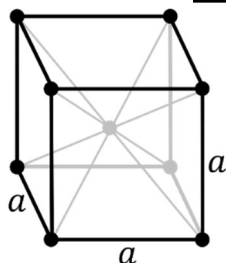
| Питання | 8.5.1 | 8.5.2 | 8.5.3 | 8.5.4 | 8.5.5 | 8.5.6 | Сума |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Перевірка | 1,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 10 |

Більшість твердих речовин має кристалічну будову, яка характеризується чітким розташуванням частинок. Якщо з'єднати частинки умовними лініями, то вийде просторовий каркас, який називають кристалічною ґраткою. Точки, в яких розміщені частинки кристалу, називають вузлами ґратки. У вузлах уявної ґратки можуть перебувати атоми, йони або молекули.

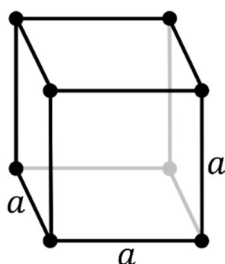
8.5.1. Назвіть типи кристалічних ґраток. Для кожної запропонуйте по два приклади речовин.

8.5.2. Поясніть, чому температура плавлення NaCl набагато більша ніж температура плавлення брому? Чи проводить NaCl струм у розплавленому стані? Чому?

8.5.3. Назвіть кожен з наведених елементарних комірок:



IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки



8.5.4. Розрахуйте кількість атомів (N), що міститься в кожній наведеній вище елементарній комірці.

Деякий перехідний метал **A** утворює кубічну об'ємоцентрову гратку.

8.5.5. Визначте молярну масу цього елемента та назвіть його, якщо його густина 7,19 г/см³, а параметр комірки 2,885 Å. (Å = 10⁻¹⁰ м).

Деякий оксид металу **A** (сполука **C**) не здатен існувати у чистому вигляді через його нестабільність. Отримують його шляхом додавання до сполуки **B** гідроген пероксиду та сульфатної кислоти, що при нагріванні призводить до утворення **C**. Про появу у розчині **C** свідчить синє забарвлення, яке зникає через декілька секунд. Сполука **B** забарвлює розчин в оранжевий колір та є відомим окисником, який теж містить **A**.

8.5.6. Визначте зашифровані сполуки, якщо $M(C) = 0,449M(B)$. Напишіть рівняння реакції утворення **C**. Зобразіть просторову будову сполук **B** і **C**.

Задача 8.6. Ltd «ДЛХА» (Автор: Краплина Володимир)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 8.6.1 | 8.6.2 | Сума |
|-----------|----------|----------|-----------|
| Перевірка | 8 | 2 | 10 |

Випускник хімічного факультету Євгеній зрозумів, що може поєднати підприємницьку діяльність та хімію. Тому вирішив відкрити ФОП та створив компанію Ltd «Домашня Лабораторія Хімічного Аналізу». Було небагато коштів, тож він купив для своєї лабораторії спочатку лише базовий набір реактивів для хімічного аналізу, деякі концентровані кислоти та луги, а також посуд. “OOOOO, в мене точно ще щось є вдома, що допоможе мені в моїй справі”, – подумав Євгеній, адже саме вдома він відкрив свою лабораторію.

Не пройшло й тижня як нашому аналітику прийшло перше замовлення. Українська геологічна компанія в листі пише: “Дорогий Євгенію, ми надіслали вам 8 зразків суміші і ваше завдання полягає в тому, щоб написати методіку для кожного компонента, як отримати його в чистому вигляді та позбутися від інших речовин, склад кожної суміші такий: Fe (0,5 моль), Al₂O₃ (2 моль), MgCl₂ (1 моль), корок (6г), BaSO₄ (0,1 моль), CuCl₂ (0,1 моль), NaCl (0,1 моль), SiO₂ (0,1 моль)”.

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023

заочний тур, умови та розв'язки

Молодий аналітик вирішив поділитися проблемою з учасниками олімпіади, тобто з вами, щоб ви йому допомогли.

8.6.1. Напишіть методику (послідовність стадій, хімічні реакції, пояснення фізичних явищ, пояснення дій у стадіях) для виділення кожного компонента суміші. Уточнення: усі реакції йдуть кількісно, з кожного зразка суміші потрібно виділити лише 1 речовину, інші речовини не важливі.

| |
|--|
| Виділення Fe: |
| Виділення Al ₂ O ₃ : |
| Виділення MgCl ₂ : |
| Виділення корку: |
| Виділення BaSO ₄ : |
| Виділення CuCl ₂ |
| Виділення NaCl |
| Виділення SiO ₂ |

Через тиждень йому знову написала геологічна компанія й запитала, чи можливо при дії на цю суміш лише одним хімічним реактивом отримати водень.

8.6.2. Чи можливо отримати водень з цієї суміші, а якщо так, то **напишіть** відповідну реакцію отримання. **Яку масу** суміші потрібно взяти, щоб отримати 11.93 л H₂ (50°C, 5 атм)?

| |
|----------------------------------|
| Чи можливо отримати водень? |
| Маса суміші для отримання водню: |

Задача 8.7. Важливий процес (Автор: Гриньова Анастасія)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

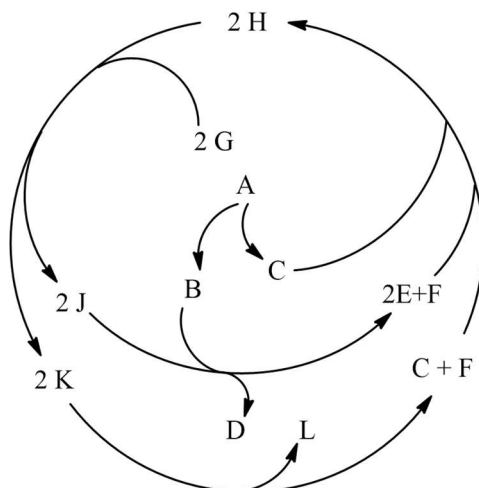
| Питання | 8.7.1 | 8.7.2 | 8.7.3 | 8.7.4 | Сума |
|-----------|-------|-------|-------|-------|------|
| Перевірка | 6 | 1 | 2 | 1 | 10 |

На наведеній нижче схемі представлений промисловий процес отримання важливої сполуки **L**. Числа перед сполуками на схемі відповідають коефіцієнтам у рівняннях реакцій. У реакціях задіяні тільки речовини, наведені на схемі.

За нормальних умов лише **C** та **E** є газами і лише **F** є рідиною.

Відомо, що сполука **B** є оксидом (масова частка Оксигену складає 28,53%). Речовина **C** необхідна для фотосинтезу. До складу речовини **H** входять Гідроген ($w = 6,38\%$), Оксиген ($w = 60,71\%$) та ще 2 елементи другого періоду. Сполуки **G** та **K** широко використовуються в кулінарії, при цьому **G** є достатньо поширеною сполукою на Землі – її масова частка в морській воді складає приблизно 3%. Сполуку **K** відділяють використовуючи її відносно погану розчинність у воді.

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки



8.7.1. **Розшифруйте** речовини, для сполуки **H** наведіть формулу катіона й аніона.

| | | |
|---|------------------|-----------------|
| A | B | C |
| D | E | F |
| G | Катіон сполуки H | Аніон сполуки H |
| J | K | L |

8.7.2. **Запишіть** сумарне рівняння процесу. **Чому** цей процес є дуже вигідним промислово?

8.7.3. **Наведіть** тривіальні назви речовин **B, C, K, L**.

B:
C:
K:
L:

8.7.4. **Для чого** в кулінарії використовують сполуку **K**? **Поясніть**, записавши рівняння реакції.

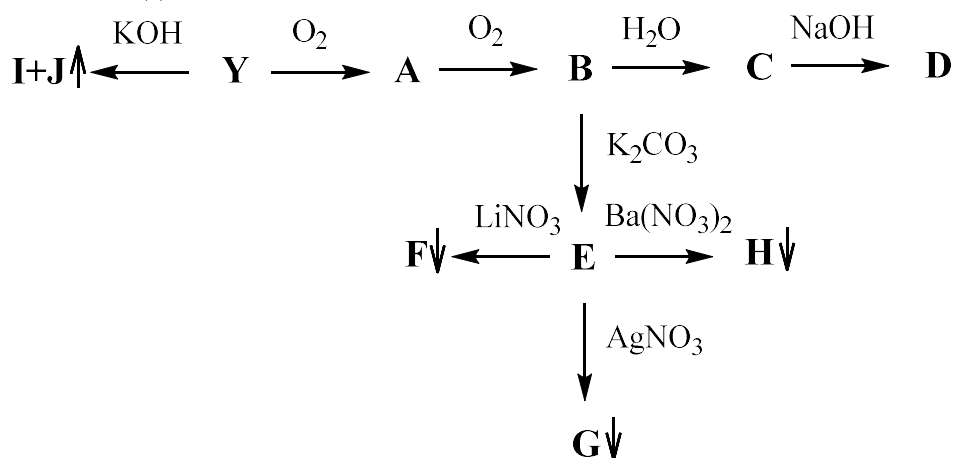
Задача 8.8. Елемент (Автор: Зайченко Михайло)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 8.8.1 | 8.8.2 | 8.8.3 | 8.8.4 | Сума |
|-----------|-------------|------------|-------------|----------|-----------|
| Перевірка | 7,05 | 1,2 | 0,75 | 1 | 10 |
| | | | | | |

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023 заочний тур, умови та розв'язки

Елемент **X** був відомий арабським алхімікам ще у XII столітті, а одним з перших отримання простої речовини утвореної елементом **X** описав Роберт Бойль у статті «Спосіб приготування **X** з людської сечі».



8.8.1. Розшифруйте речовини на схемі, якщо **Y** – речовина білого кольору, містить лише елемент **X**, масова частка Оксигену у **B** та **E** – 56,34% та 36,74% відповідно, **F** та **G** складаються лише з трьох елементів, у речовині **H** жовтого кольору масова частка найважчого елемента становить 58.86%, а **D** утворюється при використанні надлишку **NaOH**. Наведіть відповідні рівняння реакцій.

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

8.8.2. Наведіть просторову будову **Y**, **A** та **B**.

| | | |
|---|---|---|
| Y | A | B |
|---|---|---|

8.8.3. Чи можна отримати **F**, **G** та **H** реакцією **D** з відповідними нітратами? Відповідь обґрунтуйте та наведіть рівняння реакцій.

8.8.4. Зобразіть просторову будову **J**. Наведіть ще два принципово різних методи отримання газу **J**.

Задача 8.9. Коли рак на горі свисне (Автор: Згінник Олександр)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 8.9.1 | 8.9.2 | 8.9.3 | 8.9.4 | 8.9.5 | Сума |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Перевірка | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 10 |

Позитронно-емісійна томографія (ПЕТ) - це ефективний спосіб виявлення різних захворювань, включаючи рак, хвороби серця і розлади мозку.

Він полягає у медичній радіоізотопній діагностиці, під час якої за допомогою спеціальної камери роблять знімки внутрішньої частини тіла. Для цього спочатку в організм вводиться

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023

заочний тур, умови та розв'язки

радіоактивна речовина, яка накопичується в певних частинах тіла, таких як мозок або серце. Далі ця спеціальна камера виявляє позитрони випромінені радіоактивною речовиною. Наприклад, для діагностики та лікування раку за допомогою ПЕТ використовують глюкозу, у якій одна з гідроксильних (-ОН) груп заміщена на радіоактивний ізотоп Флуору ^{18}F .

8.9.1. Напишіть реакцію радіоактивного розпаду ^{18}F .

8.9.2. Чи буде атом, утворений після радіоактивного розпаду звичайного нейтрального атома ^{18}F , мати якийсь заряд? Якщо так, то **який**? Відповідь **поясніть**.

Пацієнтам вводять модифіковану глюкозу з ^{18}F у вигляді розчину стільки аби радіація від неї була в межах 200 – 400 МБк. Цього достатньо для виявлення камерою, але не достатньо аби нашкодити людині. Рівень радіації пов'язаний з кількістю речовини наступною формулою

$$A_{\text{вк}} = 0,69 \frac{N}{T_{1/2}}$$

де N – кількість радіоактивних атомів, $T_{1/2}$ – період їх напіврозпаду.

8.9.3. Розрахуйте межі оптимальної концентрації (у моль/л) розчину модифікованої глюкози з ^{18}F , який потрібно вводити людині, враховуючи що $T_{1/2} = 110$ хв, а об'єм розчину 0,1 мл.

Межі концентрації: від

8.9.4. У яких межах буде знаходитися радіоактивність зразка після 24 годин? Відповідь **підтвердіть** розрахунком.

Межі радіоактивності: від

На практиці пацієнтам, яким вводиться модифіковану глюкозу з ^{18}F , рекомендується уникати близького сусідства з особливо радіаційно чутливими особами, такими як діти та вагітні жінки, поки радіоактивність від них не зменшиться у 128 разів.

8.9.5. Скільки часу повинно пройти, аби пацієнт зміг зустрітися зі своїми дітьми після введення модифікованої глюкози? Відповідь **округліть** до годин.

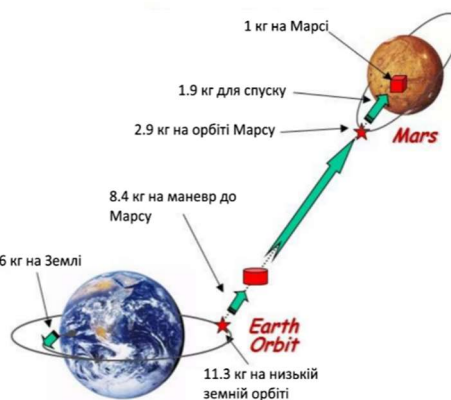
Задача 8.10. Підняти комара з Марса (Автор: Окіс Юрій)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 8.10.1 | 8.10.2 | 8.10.3 | 8.10.4 | 8.10.5 | Сума |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Перевірка | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 10 |

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023 заочний тур, умови та розв'язки

Останніми десятиліттям відбувається активне дослідження Марсу. На цю планету свої апарати відправляють різні країни світу, проте поки що є неможливим відправлення зразків речовин чи космонавтів назад на Землю, якби вони туди б полетіли. Щоб покинути навіть таку неважку, відносно Землі, планету потрібна велика кількість палива і сам корабель, які ми маємо доставляти з Землі. На доставку 1 кг будь-якого додаткового вантажу на Марс необхідно, як мінімум, 225 кг додаткового пального в ракеті-носії, і, звичайно, для такого завдання потрібна значно більша ракета-носії. Подібна місія на Марс з поверненням на даний час є або неможливою, або дуже затратною.



Для вирішення проблеми запуску вантажу з Марсу була придумана концепція In-Situ Resource Utilization (ISRU) - використання ресурсів, добутих під час місії (тобто неземних). Виробляючи паливо на Марсі можна вирішити проблему запуску з нього вантажів і значно зменшити початкову масу ракети на Землі. У цій задачі ви детальніше ознайомитеся з одною з можливих систем ISRU.

Як паливо можна використовувати двокомпонентну систему окисника і відновника: зріджений кисень і речовину А. Для виробництва палива потрібні 2 речовини: вода і речовина В, які добувають з марсіанського ґрунту і атмосфери відповідно. Марс має розріджену атмосферу і середньорічну температуру -60°C . У цій задачі ми приймемо, що атмосфера Марсу складається з трьох компонентів, а іншими газами справді можна знехтувати.

Етап I - отримання речовини В

Було зібрано 1 м^3 повітря за температури -64°C , стиснуто до 6 л за постійної температури, тиск став рівний 1 бару, потім температуру було доведено до -85°C , за цих умов на стінках контейнера осів білий наліт речовини В, у газовому стані залишається речовина С і D. Жодна з цих речовин не горить в атмосфері кисню, і не підтримує горіння жодних існуючих газоподібних сполук за н.у., молярна маса речовини В на 4 г/моль більша, ніж у речовини С, серед цих речовин є одноатомна, двоатомна і трьохатомна. Одна з речовин є основним компонентом атмосфери Землі, інша - газ, що виділяється живими істотами в найбільшій кількості.

8.10.1. Визначте речовини В, С, D.

| | | |
|-----|-----|-----|
| В – | С – | D – |
|-----|-----|-----|

Маса газів відразу після їхнього збирання – 15,05 г, після виморожування компоненту В – 0,4673 г. Вважайте, що виморожування В проходить повністю. Для розрахунків використовуйте значення молярних мас атомів з точністю двох знаків після коми.

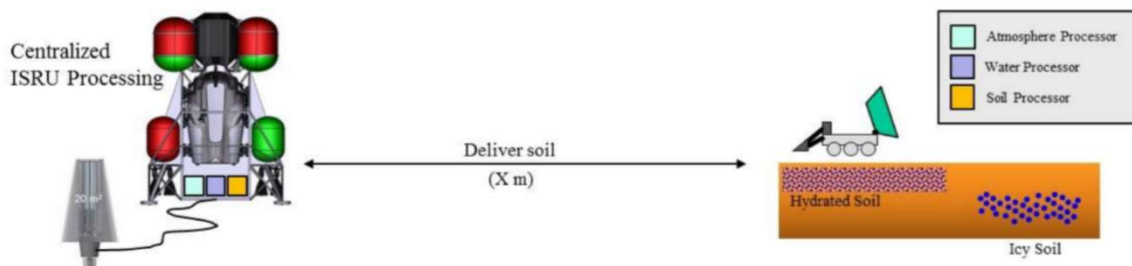
8.10.2. Визначте тиск атмосфери Марсу за умов збирання газів, визначте мольний вміст кожного з трьох компонентів атмосфери.

Етап II - отримання води

Марсіанський ґрунт в деяких областях на екваторі на глибині 1 м містить 3-8%

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023 заочний тур, умови та розв'язки

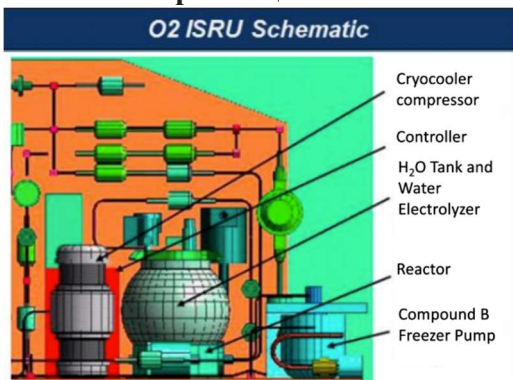
замороженої води. Для її добування ґрунт збирають, поміщають в реактор і нагрівають до температури 320°C за тиску $0,8$ бар, при цьому частина води випаровується, її видують з реактора сумішшю газів **C** і **D**, потім вона конденсується, а гази **C** і **D** повертаються в реактор. Було зібрано і перероблено 5 кг ґрунту; лічильник, що рахував кількість газу, який виходив з реактора, показав значення $4,45$ м³, а зразок газової суміші об'ємом $0,4$ л за тих самих умов важить $0,1996$ г. Прийміть, що суміш **C** і **D** має таке саме співвідношення як у пункті **10.2**, а склад газової суміші, яка виходить з реактора, завжди однакова. У той же час дослідження елементарного складу ґрунту показало, що масова частка частинки з молярною масою 1 г/моль у ґрунті дорівнює $7,444 \times 10^{-3}$. Прийміть, що в



марсіанському ґрунті гідроген знаходиться тільки у вигляді води.

8.10.3 Обчисліть вміст води в марсіанському ґрунті і ефективність її добування, тобто вихід процесу.

III етап - виробництво компонентів палива



Після добування води проводять її електроліз, що відбувається за рівнянням $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$. Таким чином з води добувають водень і кисень, останній зріджують і зберігають. Далі водень і сполука **B** вступають у каталітичну реакцію, продуктами цієї реакції є вода і сполука **A**. Середня молярна маса суміші реагентів складає $10,418$ г/моль за стехіометричного співвідношення, а за конверсії 95% тиск в реакційній посудині зменшується з 50 бар до 31 бар. Воду, яка отримується у цій реакції, зберігають у резервному контейнері і не

використовують ще раз для добування водню!

8.10.4. Визначте сполуку **A**. Напишіть реакцію, яка приводить до сполуки **A**.

Сполука **A**:

Реакція:

Для підйому деякого вантажу на орбіту Марса потрібно 22900 кг зрідженого кисню і 5725 кг **A**.

8.10.5. Напишіть реакцію горіння реагентів палива. Який об'єм атмосфери і яку масу ґрунту потрібно переробити, щоб задовольнити такі вимоги у паливі? Зверніть увагу, що умови і виходи всіх процесів залишаються такими самими, як у попередніх пунктах.

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

9 клас

Завдання 9.1. (Автор: Кудрик Олександр)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 9.1.1 | 9.1.2 | 9.1.3 | 9.1.4 | Сума |
|-----------|-------|-------|-------|-------|------|
| Перевірка | 5 | 2 | 1 | 2 | 10 |

Через водний розчин суміші хлоридів **A** (містить **X**) і **B** пропускали струм силою 2,4 А та напругою 1,2 В до припинення зміни маси катоду. Час пропускання струму склав 268 хв, а на катоді виділилося 12,8 г металу **X**. Далі напругу збільшили до 2,8 В і пропускали струм до припинення зміни маси катоду. Час пропускання струму склав 188 хв, а на катоді виділилося 5,5 г металу **Y** та 0,896 л (н.у.) газу **C**. На аноді під час електролізу виділилося 7,168 л (н.у.) суміші газів **D** та **E**.

9.1.1. **Встановіть** формули газів **C**, **D** та **E**, хлоридів **A** і **B**, якщо газ **D** – має жовто-зелений колір. **Визначте** початкові маси **A** і **B**.

| | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | |
| A | B | C | D | E |

9.1.2. **Обчисліть** вихід електролізу **B** за струмом. **Поясніть** причини зменшення виходу.

| |
|--|
| |
|--|

9.1.3. Як можна збільшити цей вихід?

| |
|--|
| |
|--|

9.1.4. **Обчисліть** $E^0(\text{Au}^+/\text{Au})$.

| |
|--|
| |
|--|

Завдання 9.2. (Автор: Пашко Михайло)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 9.2.1 | 9.2.2 | 9.2.3 | 9.2.4 | 9.2.5 | 9.2.6 | 9.2.7 | 9.2.8 | Сума |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Перевірка | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1 | 1,5 | 10 |

Для сполуки з формулою C_4H_8 може існувати 6 ізомерних структур (не враховуючи енантіомерів).

9.2.1. **Намалюйте** всі ізомерні структури, вкажіть які сполуки є діастереомерами (якщо в сполуці є хіральний центр, позначте його зірочкою).

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| | | |

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023

заочний тур, умови та розв'язки

9.2.2. **Намалюйте** всі ізомерні структури, вкажіть які сполуки є діастереомерами. Якщо в сполуці є хіральний центр, позначте його зірочкою.

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
| | | | | |

9.2.3. **Наведіть** номери сполук, що є: спиртами, альдегідами, амінами, гетероциклами.

| |
|-------------|
| Спирти |
| Альдегіди |
| Аміни |
| Гетероцикли |

9.2.4. **Наведіть** номери сполук, що містять активний атом галоген, що здатен вступати в реакції заміщення. **Наведіть** приклад такої реакції.

| |
|--|
| |
|--|

9.2.5. **Наведіть** номери сполук, що є структурними ізомерами один відносно одного.

| |
|--|
| |
|--|

9.2.6. Які сполуки можуть мати діастереомери? **Намалюйте** протилежний ізомер для кожного прикладу.

| |
|--|
| |
|--|

9.2.7. Які зі сполук в таблиці мають хіральні центри? **Наведіть** номери таких сполук та кількість хіральних центрів.

| |
|--|
| |
|--|

9.2.8. **Скільки** енантіомерів та діастереомерів може утворювати кожна сполука з пп. 7?

| |
|--|
| |
|--|

Завдання 9.3. (Автор: Маханькова Валерія)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 9.3.1 | 9.3.2 | 9.3.3 | 9.3.4 | 9.3.5 | 9.3.6 | Сума |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Перевірка | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 10 |

Для підготовки до певного експерименту студент виміряв рН 0,146% розчину одноосновної органічної кислоти (густина розчину 1,00 г/мл) Потім відібрав піпеткою Мора 50,0 мл цього розчину, переніс у мірну колбу об'ємом 100,0 мл і долив дистильованою водою до мітки. Після цього виміряв рН другого розчину. На колбі з першим розчином він написав «рН = 3,179», на колбі з другим розчином «рН = 3,332». Єдине, що забув студент - це зазначити назву кислоти, яку на наступний день вже і не згадав.

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023 заочний тур, умови та розв'язки

Допоможи студенту відновити дані:

9.3.1. **Визначити** константу дисоціації кислоти

$K =$

9.3.2. **Визначити** молярну масу кислоти.

$M =$

9.3.3. **Визначити** формулу кислоти, якщо маси елементів, що утворюють цю кислоту, співвідносяться як 40,0:6,66:53,3.

Формула кислоти

9.3.4. **Визначити** молярність кислоти у першому та другому розчинах.

9.3.5. **Яким стане** рН розчину, якщо до 10 мл 0,146% розчину кислоти додати 10 мл розчину, що містить еквімолярну кількість натрієвої солі цієї ж кислоти?

9.3.6. **Чи зміниться** рН, якщо одержаний розчин розбавити водою вдвічі?

Завдання 9.4. (Автор: Данилейко Кирило)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 9.4.1 | 9.4.2 | 9.4.3 | 9.4.4 | Сума |
|-----------|-------|-------|-------|-------|------|
| Перевірка | 3 | 4,5 | 0,5 | 2 | 10 |

Сульфідний мінерал **X**, окрім Сульфуру (масова частка 25,5%), також містить метали **A** та **B**. У природі часто зустрічається як домішка до іншого, більш відомого мінералу **Y**, що також містить Сульфур, **A** та **B**. Цікаво, що ступінь окислення металу **A** в мінералі **X** більш високий, ніж в мінералі **Y**, а ступінь окислення металу **B** навпаки більш висока в мінералі **Y**.

Наважку мінералу **X** масою 4 г було кількісно розчинено у надлишку концентрованого розчину сульфатної кислоти. Отриманий розчин нейтралізували, а об'єм довели дистильованою водою до 100 мл (**розчин 1**). До аліквоти **розчину 1** об'ємом 10 мл було додано надлишок розчину йодиду калію, отримана проба стала каламутною. Через 10 хв до проби додали крохмаль та відтитрували 0,2 М розчином тіосульфату натрію до зникнення синього забарвлення. На титрування витратили 24 мл розчину тіосульфату.

У іншу аліквоту **розчину 1** об'ємом 50 мл було занурено магнієву платівку. Через деякий час маса платівки збільшилася на 0,743 г, а сама вона вкрилася червоно-коричневим осадом металу **B**. При цьому залишковий розчин продовжував знебарвлювати перманганат калію. Платівку дістали з розчину, а до розчину додали надлишок карбонату натрію. Маса отриманого осаду після висушування склала 0,63 г.

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

9.4.1. **Визначте** метали **A**, **B**, а також мінерал **X**. Відповідь **підтвердіть** розрахунками.

| | | |
|----------|----------|----------|
| | | |
| A | B | X |

9.4.2. **Наведіть** рівняння реакцій усіх процесів, згаданих в умові. (9 шт)

9.4.3. **Зробіть** припущення щодо кількісного складу мінералу **Y**.

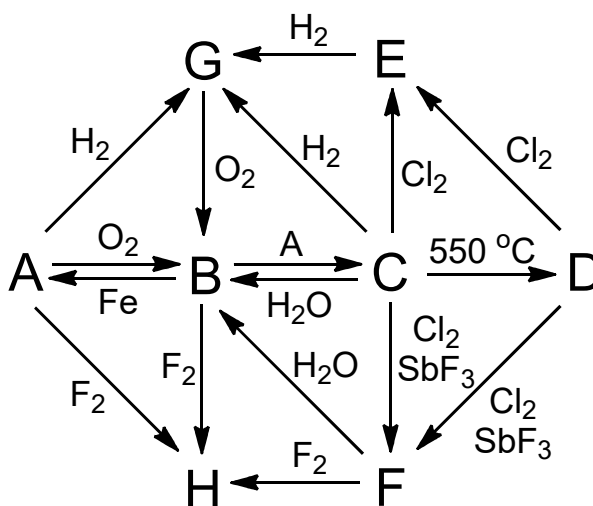
9.4.4. **Запропонуйте** промисловий та лабораторний методи отримання металів **A** та **B**.

Завдання 9.5. (Автор: Рябухін Сергій)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 9.5.1 | 9.5.2 | 9.5.3 | 9.5.4 | 9.5.5 | Сума |
|-----------|------------|------------|------------|------------|----------|-----------|
| Перевірка | 6,4 | 1,7 | 0,4 | 0,5 | 1 | 10 |

Схема взаємних перетворень простої твердої речовини **A**:



9.5.1. **Розшифруйте** схему перетворень, якщо відомо, що усі речовини містять у своєму складі **A** та є газами за кімнатної температури (25°C).

| | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| A | B | C | D |
| E | F | G | H |

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023

заочний тур, умови та розв'язки

9.5.2. Наведіть рівняння усіх реакцій та умови їх проведення (17 шт).

9.5.3. Які інші продукти можуть утворюватись при взаємодії E та H₂? Наведіть відповідні умови та рівняння.

9.5.4 Яка будова сполуки D?

9.5.5. Як на вашу думку буде відбуватись взаємодія D з H₂ та H₂O? Наведіть відповідні рівняння.

Завдання 9.6. (Автор: Іваниця Микита)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 9.6.1 | 9.6.2 | 9.6.3 | 9.6.4 | 9.6.5 | 9.6.6 | Сума |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Перевірка | 3,4 | 2,4 | 1 | 1 | 1,2 | 1 | 10 |

Мінерал A, що складається з елементів X, Y, Z і кисню, є основним джерелом елементу X (вміст X в мінералі = 5,03%). Для відділення даного елементу від інших 1 кг мінералу кип'ятять в концентрованому розчині NaOH, що призводить до утворення солей B, C і D (реакція 1). Внаслідок поступового додавання до розчину сульфатної кислоти утворюється осад, що містить сполуки E і F, а також кислоту G (реакції 2-4). При подальшому додаванні сульфатної кислоти сполуки E і F переходять у розчин з перетворенням у солі H і J, відповідно (реакції 5 та 6). Натомість, кислота G залишається нерозчинною, і її відділяють фільтруванням. Термічний розклад G призводить до одержання 670,71 г L, оксиду елементу Z (реакція 7).

Для подальшого розділення X та Y на розчин H і J діють концентрованим розчином (NH₄)₂CO₃. В осад знову випадає сполука F, а також основна сіль M, яка розчиняється в надлишку карбонату амонію з утворенням розчину сполуки Q (речовина містить елементи X:C:H:N у співвідношенні 4:6:24:6) (реакції 8-10). Осад F відфільтровують, ретельно і довго промивають водою. При його термічному розкладі випаровується 100,58 г води і лишається 189,70 г оксиду R (реакція 11).

Фільтрат, що містить Q, випаровують, і сухий залишок нагрівають в муфельній пічці до 800°C до завершення виділення всіх газів, і залишається лише оксид елементу X, речовина T (реакція 12). Його маса склала 136,29 г.

Вважайте, що всі перетворення відбуваються кількісно.

9.6.1. Визначте склад мінералу A, елементи X, Y, Z, а також напишіть формули речовин B, E, H, M, Q, T (містять елемент X), C, F, J, R (містять елемент Y), D, G і L (містять елемент Z).

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| X | Y | Z | A | B | C |
| | | | | | |
| D | E | F | G | H | J |
| | | | | | |
| L | M | Q | | R | T |
| | | | | | |

9.6.2. Напишіть рівняння реакцій 1-12.

9.6.3. Запропонуйте метод виділення простої речовини X з T і **запишіть** відповідне рівняння реакції.

9.6.4 Поясніть, в чому відмінність E і F від інших представників даного класу речовин? Назвіть це явище.

9.6.5. Як видно з процедури відділення елементу X від Y, хімічні властивості їх похідних дуже подібні. **Поясніть** причину подібності хімії двох елементів, а також запишіть ще дві пари елементів, для яких характерна така сама закономірність.

9.6.6. Де в повсякденному житті можна зустріти мінерал A?

Завдання 9.7. (Автор: Маханькова Валерія)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 9.7.1 | 9.7.2 | 9.7.3 | 9.7.4 | Сума |
|-----------|-------|-------|-------|-------|------|
| Перевірка | 1 | 5 | 2 | 2 | 10 |

Багато солей аргентуму(I) є нерозчинними і легко утворюються за реакціями йонного обміну. Так, для одержання аргентум(I) хромату змішали 25 мл 0,100 М розчину аргентум(I) нітрату та 35 мл 0,05 М розчину калій хромату.

9.7.1. Наведіть молекулярне, а також повне та скорочене йонні рівняння цієї реакції.

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023 заочний тур, умови та розв'язки

9.7.2. **Розрахуйте** концентрації кожного з йонів у отриманому розчині, врахувавши, що $DP(Ag_2CrO_4) = 1,1 \cdot 10^{-12}$

9.7.3. **Чи вдалося** кількісно осадити аргентум? (Кількісне осадження характеризується наявністю в осаді >99% речовини).

9.7.4. Яким методом можна визначити концентрацію аргентум(I) нітрату? **Наведіть** відповідні рівняння реакцій. Який індикатор використовується у запропонованому Вами методі?

Завдання 9.8. (Автор: Кона Іван)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 9.8.1 | 9.8.2 | 9.8.3 | 9.8.4 | 9.8.5 | 9.8.6 | 9.8.7 | Сума |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Перевірка | 1,4 | 1,2 | 1,6 | 2 | 1,3 | 1 | 1,5 | 10 |

Поширеним методом підігріву харчових пайків військових у польових умовах є використання так званого «безполум'яного нагрівача пайків» або FRH (Flameless Ration Heater).



Основним компонентом такого «нагрівача» є метал **X**, який реагує з водою, при чому виділяється достатня кількість енергії, здатна розігріти страву масою 256 г (8 унцій) у 12 г пластиковому контейнері за 12 хв. Ентальпії утворення реагентів та продуктів наведені у таблиці нижче:

| | | |
|-------------------------------|------------|----------------|
| Реагенти/продукти | H_2O (р) | $X(OH)_n$ (тв) |
| $\Delta_f H^\circ$, кДж/моль | -285,5 | -923,8 |

9.8.1. **Визначте**, про який метал **X** йде мова, якщо при взаємодії 1 г **X** з надлишком води утворюється 1,02 л газу при стандартних умовах.

9.8.2. **Напишіть** термохімічне рівняння реакції, яка протікає під час нагрівання їжі у контейнері.

Суміш 8 г металу **X** з 100 г води розігріває контейнер з порцією їжі на 56 °С. Враховуючи, що питома теплоємність їжі не відрізняється від теплоємності води - $c_{H_2O} = 4200$ Дж/(кг×°С), а теплоємність пластику становить 1000 Дж/(кг×°С).

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023

заочний тур, умови та розв'язки

9.8.3. Розрахуйте коефіцієнт корисної дії (ККД) та середню потужність такого «нагрівача». Залежністю ентальпії від температури у цьому та наступному пунктах знехтуйте.

Відомо, що метал **X** добувають з деякого мінералу, що містить 83 % оксиду X_2O_n .

9.8.4. Визначте, яку масу цього мінералу потрібно добути, аби підігріти харчові пайки на 56 °С для 200 українських солдат. ККД процесу нагрівання та процес розігріву однієї порції такий самий, як описано в попередньому пункті. (якщо ви не змогли відповісти на питання з пп. 9.8.3., то прийміть ККД = 100%).

Окрім основного компоненту у вигляді металу **X**, суміш для розігріву містить інший метал **Y** та бінарну сіль **AB**. Останні є каталізаторами реакції **X** з водою, так як сам процес йде дуже повільно.

9.8.5. Визначте усі компоненти суміші для розігріву, якщо метал **Y** є головним компонентом ядра Землі, а сіль **AB** містить 39,3 % лужного металу.

9.8.6. Поясніть, як додавання металу **Y** та солі **AB** пришвидшує основну реакцію розігріву.

9.8.7. Розрахуйте масовий склад суміші для розігріву, якщо при використанні 100 г останньої вдається нагріти 11 харчових пайків, а відношення масових часток $w(AB)/w(Y) = 0,75$. ККД процесу нагрівання та процес розігріву однієї порції таке саме, як у пп. 9.8.3).

Завдання 9.9. (Автор: Пашко Микола)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 9.9.1 | 9.9.2 | 9.9.3 | 9.9.4 | 9.9.5 | Сума |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Перевірка | 5,2 | 1,6 | 0,8 | 1,5 | 0,9 | 10 |

Речовина **A** є найпоширенішим природним мінералом елемента **X**. **A** розчиняється у соляній кислоті з утворенням розчину речовини **B** та виділенням газу **D**. При розчиненні **A** у сірчаній кислоті утворюється розчин речовини **C** та виділяється газ **E**. З 10 грам речовини **A** утворюється 2,58 л (за н.у.) газу **D** та 1,29 л (за н.у.) газу **E**. Якщо до розчину **B** або **C** додати гідроксид натрію то випаде білий осад **F**. Якщо до розчину **B** або **C** додати розчин гідроксиду натрію з перекисом водню то випаде бурий осад осад **G** з масовою часткою елемента **X** – 52,39%. Мінерал **A** може бути сплавлений з гідроксидом калію в присутності газу **E** в результаті чого утворюється сполука **H** з масовою часткою елемента **X** – 27,88%. Електролізом концентрованого розчину **H** отримують речовину **I**, що є основним

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

промисловим методом її отримання, при цьому на катоді виділяється водень. При дії на речовину **I** концентрованої сірчаної кислоти утворюється нестабільна масляниста рідка речовина **J**, яка з часом розкладається на **A** та газ **E**, при цьому втрата маси становить **21,64%**. Якщо **A** нагріти до $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ то утвориться речовина **K** та газ **E**, а втрата маси складе **9,21%**. **K** можна далі відновити воднем з утворенням речовини **L**, котра також може бути отримана при нагріванні **F**. З **10** грам **F** утворюється **7,98** грам **L**. Просту речовину **X** у промисловості отримують взаємодією **L** з алюмінієм.

9.9.1. Визначте зашифровані речовини **A-L, X**.

| | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| A | B | C | D |
| E | F | G | H |
| I | J | K | L |
| X | | | |

9.9.2. Наведіть рівняння реакцій утворення **B, C, H, I**.

| | |
|------------|--|
| → B | |
| → C | |
| → H | |
| → I | |

9.9.3. Наведіть структурну формулу **J** та аніону речовини **H**.

| | |
|----------|----------|
| J | H |
|----------|----------|

При відновленні йодиду елемента **X** алюмогідридом літію під тиском монооксиду вуглецю утворюється речовина **M**, котра існує у вигляді димеру. **M** взаємодіє з газом **D**, утворюючи речовину **N**, та з амальгамою натрію, утворюючи речовину **O**. З **10** грам **M** утворюється **11,82** грами **N** та **11,18** грам **O**.

9.9.4. Визначте зашифровані речовини **M, N, O**. Напишіть ступень окиснення елемента **X** в цих трьох речовинах.

| | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| M | N | O |
| с.о. X у M = | с.о. X у N = | с.о. X у O = |

9.9.5. Зобразіть будову молекули **M** та поясніть, чому вона існує у вигляді димеру?

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

Будова **M** –

Чому **M** існує у вигляді димера?

Завдання 9.10. (Автор: Рябухін Сергій)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 9.10.1 | 9.10.2 | 9.10.3 | 9.10.4 | 9.10.5 | Сума |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Перевірка | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 1,6 | 2,1 | 10 |

Суміш нітратів калію, міді та срібла масою 18,36 г прожарили при 600°C. Об'єм газів, що при цьому виділився, склав 4,032 л (за н.у.), а маса твердого залишку після обробки водою зменшилася на 3,4 г.

9.10.1. Наведіть рівняння реакцій, що відбулися.

9.10.2. Розрахуйте масові частки нітратів у суміші.

9.10.3. Наведіть методи отримання вихідних нітратів з продуктів їх розкладу, що утворилися в пп. 9.10.1.

9.10.4. Які іони будуть міститися у водному розчині вихідної суміші?

9.10.5. Наведіть структурну та резонансні формули нітрат-аніону.

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

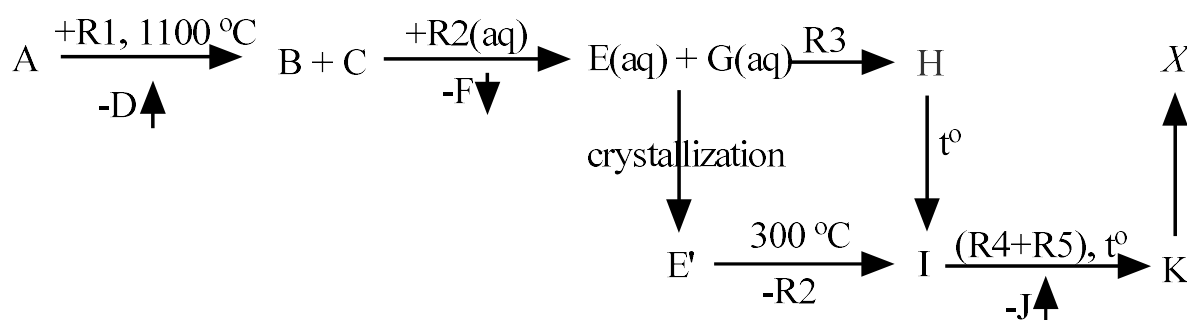
10 клас

Завдання 10.1 (Автор: Гавриленко Костянтин)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 10.1.1 | 10.1.2 | 10.1.3 | 10.1.4 | 10.1.5 | 10.1.6 | 10.1.7 | 10.1.8 | 10.1.9 | Сума |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Максимум | 36 | 4 | 20 | 12 | 6 | 8 | 5 | 2 | 5 | 98 |

Елемент **X** та його сполуки мають важливе значення в сучасній промисловості. На схемі нижче зображено процес отримання **X** з його основного мінералу **A**:



(aq) – означає, водний розчин; \uparrow та \downarrow - виділення газу та випадіння осаду, відповідно; “crystallization” – кристалізація з розчину. На схемі опущене виділення води чи її додавання під час хімічних перетворень.

10.1.1. **Розшифруйте** зашифровані речовини, якщо сполуки **D** та **J** є газами за кімнатної температури, мають однаковий якісний склад а їх густини відрізняються в 1,571 рази; сполуки **R1**, **B** та **C** мають однакову стехіометрію; сполуки **D**, **F** та **I** – однакову стехіометрію; взаємодія водних розчинів сполук **R1** та **R2** призводить до утворення розчину сполуки **G**; взаємодія сполук **J** та **R4** веде до утворення речовини зі стехіометрією сполуки **E**; масова частка **X** в **E** складає 51,21 %, а в **E'** – 28,31 %; **E'** є кристалогідратом сполуки **E**; **R4** та **R5** – прості речовини.

| | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | | | | | |
| A | B | C | D | E | F | G | H | I |
| | | | | | | | | |
| J | K | X | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | E' |
| | | | | | | | | |

10.1.2 **Запропонуйте** реагент та умови перетворення для реакції **K**→**X**.

10.1.3 **Запишіть** рівняння всіх реакцій, згаданих вище.

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023

заочний тур, умови та розв'язки

10.1.4 На підставі теорії гібридизації намалюйте будову сполук **D**, **E** та **K** в газовій фазі (вважайте їх всіх мономерами) та вказіть гібридизацію центрального атому.

| | | |
|---|---|---|
| D | E | K |
|---|---|---|

Відомо, що структури двох з вищезазначених сполук не відповідають передбаченням отриманим з теорії гібридизації.

10.1.5 Вкажіть, які це сполуки? Серед зазначених нижче оберіть можливу(і) причину(и) такої невідповідності:

| |
|---|
| Сполуки, структура яких не відповідає передбаченню: а) наявність галогенів в молекулі; б) наявність периферійних атомів кисню в молекулі; в) схильність центрального атому до утворення π -зв'язків; г) схильність центрального атома до утворення сполук немалекулярної будови; д) наявність доступних за енергією <i>d</i> -орбіталей. |
|---|

Як вихідний мінерал так і всі інші сполуки **X** завжди мають домішки елемента **Y**, який має майже ті самі хімічні властивості, що й **X**. Для використання **X** в певних галузях, вміст **Y** в ньому має бути меншим за 0,05 мас. %. Одним з перших методів очищення сполук **X** від домішок **Y** була багаторазова перекристалізація речовини **L**, яка може бути отримана стопленням **A** з еквівалентною кількістю гексафторосилікату калію при 900 °С. **L** містить 40,22 мас. % фтору у своєму складі.

10.1.6 Визначте L, намалюйте будову її аніону та вкажіть гібридизацію центрального атому.

| |
|--|
| |
|--|

Розчинність **L** у воді становить 20,76 г на 100 г води при 100 °С та 1,22 г на 100 г води при 10 °С.

10.1.7 Розрахуйте масу води та **L**, які необхідні для отримання 50,00 г перекристалізованої сполуки **L**. Визначте вихід перекристалізації.

| |
|--------|
| Вихід: |
|--------|

Для отримання **L** в якій кількості домішок **Y** не перевищує граничних норм треба послідовно провести 15 перекристалізацій, про які йшлося вище.

10.1.8 Розрахуйте вихід **L**, очищеної від **Y**.

| |
|--------|
| Вихід: |
|--------|

Відомо, що в твердому стані **Y** утворює гексагональну щільноупаковану гратку з наступними параметрами елементарної комірки: $a = 318,8$ пм та $c = 504,2$ пм (див. Рисунок).

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023

заочний тур, умови та розв'язки

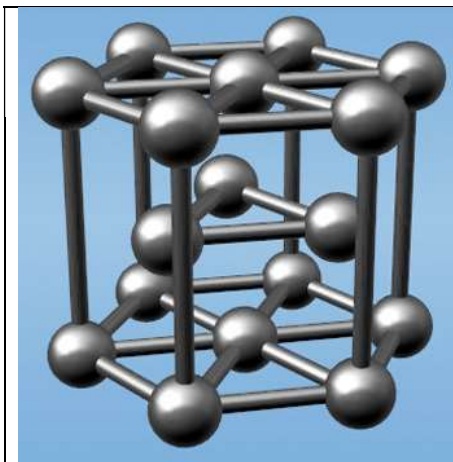


Рисунок. Фрагмент гексагональної щільноупакованої ґратки.

10.1.9 **Розрахуйте** атомну масу Y та визначить цей елемент, якщо його виміряна густина дорівнює $13,31 \text{ г/см}^3$.

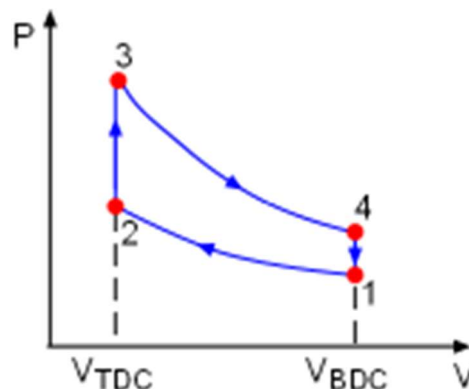
Завдання 10.2 «Один, два, три, чотири – цикл!» (Автор: Желавський Олексій)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 10.2.1 | 10.2.2 | 10.2.3 | 10.2.4 | 10.2.5 | 10.2.6 | Сума |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Максимум | 2 | 4 | 4 | 8 | 6 | 10 | 34 |

Бензинові двигуни стали невід'ємною частиною нашого життя, але мало хто замислюється які саме принципи закладені в основу їх роботи. В цій задачі вам пропонується обрахувати деякі із процесів в термодинамічному циклі бензинових двигунів, що наведений нижче. Основний принцип – повітряно-паливна суміш вприскується в циліндр, який потім стискує газ від об'єму V_{BDC} до V_{TDC} (процес 1-2), після чого відбувається запалювання палива (2-3), розширення газу що штовхає поршень у кінцеве положення (3-4) та охолодження (4-1). Процеси 1-2 та 3-4 відбуваються за рахунок швидкого переміщення поршня в циліндрі і тому теплообміну з оточуючим середовищем не відбувається.

| | O ₂ | CO ₂ | H ₂ O | C ₈ H ₁₈ |
|------------------------------------|----------------|-----------------|------------------|--------------------------------|
| $\Delta_f H^0_{298}$, кДж/моль | 0 | -393,51 | -241,82 | -208,45 |
| C_p , Дж/(К·моль) | 29,35 | 37,11 | 33,58 | 188,87 |



Довідка: Густина повітря і газової суміші однакова – $1,200 \text{ г/л}$, ізобарна та ізохорна питома теплоємність газової суміші $1,411$ та $1,008 \text{ кДж/кг}$ відповідно і є сталими для всього циклу, склад повітря – 78% азоту та 22% кисню за об'ємом.

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023

заочний тур, умови та розв'язки

Повітряно-паливна суміш, що використовується в циклі, змішується в карбюраторі в співвідношенні повітря: паливо = 16:1 за масою. Вважайте, що в якості палива використовується н-октан. Також відомо, що при стисканні газу від об'єму V_{BDC} до V_{TDC} поршень циліндру радіусом 65,10 мм проходить відстань 75,15 мм, а V_{TDC} складає 14,60 % від V_{BDC} .

10.2.1 Розрахуйте склад повітряно-паливної суміші (в об'ємних частках).

10.2.2 Розрахуйте об'єм системи та масу паливної суміші в точці 1 (V_{BDC}).

10.2.3 Розрахуйте температуру в точці 2 (T_2), якщо в точці 1: $P_1 = 100$ кПа, $T_1 = 25$ °С.

Відомо, що коли реакція перебігає за температурою, дуже відмінною від 298К, то потрібно враховувати залежність її теплового ефекту від температури за законом Кірхгоффа.

10.2.4 Запишіть рівняння згорання октану в кисні і **розрахуйте** питомий тепловий ефект реакції (кДж/г октану) за температури T_2 . Вважайте значення питомих C_p незалежними від температури. *Якщо ви не виконали п.3, приміть $T_2 = 320$ °С.*

Рівняння:

10.2.5 Розрахуйте температуру в точці 3 (T_3). Вважайте, що вся енергія йде на нагрівання газу. *Якщо ви не виконали попередні пункти, приміть $T_2 = 320$ °С, $\Delta H^{T_2} = 42$ кДж/г, маса повітряно-паливної суміші, що вприскується – 1,3 г.*

10.2.6 Розрахуйте корисну роботу та коефіцієнт корисної дії циклу (ККД). *Якщо ви не виконали попередні пункти, приміть $T_2 = 320$ °С, $T_3 = 2800$ °С, маса повітряно-паливної суміші, що вприскується – 1,3 г.*

Завдання 10.3 Токсичні рівноваги (Автор: Запорожець Ірина)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 10.3.1 | 10.3.2 | 10.3.3 | 10.3.4 | 10.3.5 | 10.3.6 | 10.3.7 | 10.3.8 | 10.3.9 | Сума |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Максимум | 2 | 6 | 6 | 6 | 5 | 2 | 2 | 2 | 4 | 35 |

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023

заочний тур, умови та розв'язки

Сполуки арсену є токсичними для більшості живих організмів. Проте в озері Моно, США (на рисунку), було знайдено бактерію GFAJ-1, яка здатна витримувати високі концентрації цього елемента. Припускали навіть, що ця бактерія може використовувати арсен замість фосфору в своєму метаболізмі. Але це припущення було спростовано подальшими дослідженнями.



Частина А

Для дослідження GFAJ-1 в лабораторії використовували розчини, які отримали шляхом змішування 0,500 М розчину NaOH (розчин А) та 0,500 М розчин H_3AsO_4 (розчин Б)

10.3.1 Розрахуйте рН вихідного розчину H_3AsO_4 ($\text{pK}_{\text{a}1}=2,19$, $\text{pK}_{\text{a}2}=6,94$, $\text{pK}_{\text{a}3}=11,5$).

| |
|--|
| |
|--|

10.3.2 Розрахуйте рН розчину, що утвориться, якщо змішати:

- а) 10,00 мл розчину А та 10,00 мл розчину Б;
- б) 15,00 мл розчину А та 10,00 мл розчину Б;
- в) 30,00 мл розчину А та 10,00 мл розчину Б.

| |
|----|
| а) |
| б) |
| в) |

До мірної колби об'ємом 100,00 мл внесли певні об'єми розчинів А і Б. Розчин довели до мітки дистильованою водою та ретельно перемішали. В результаті отримали розчин С з рН = 10,4 та загальною концентрацією As(V) 0,040 М.

10.3.3 Розрахуйте рівноважні концентрації $[\text{AsO}_4^{3-}]$, $[\text{HAsO}_4^{2-}]$, $[\text{H}_2\text{AsO}_4^-]$ у розчині С.

| |
|--|
| |
|--|

10.3.4 Розрахуйте об'єми (мл) розчинів А та Б, які були використані для приготування розчину С.

| |
|--|
| |
|--|

Частина Б.

Один із методів видалення арсену зі стічних вод металургійних підприємств - осадження його у вигляді $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ ($\text{ДР} = 7,24 \cdot 10^{-22}$). Недоліком цього підходу є значна розчинність $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$, що також залежить від рН, тому за зміни зовнішніх умов осад $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ може ставати джерелом забруднення довілля арсеном.

10.3.5 Виведіть рівняння, яке пов'язує розчинність $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ з його добутком розчинності, константами дисоціації H_3AsO_4 , та рН розчину.

| |
|--|
| |
|--|

До зразку $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ масою 10,00 г додали 100,0 мл буферного розчину з рН=5,6, який не містить кальцію та арсену.

10.3.6 Розрахуйте розчинність (г/л) $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ у такому буферному розчині. Вважайте, що компоненти буферного розчину не беруть участь у конкуруючих рівновагах.

| |
|--|
| |
|--|

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023

заочний тур, умови та розв'язки

10.3.7 Розрахуйте сумарну концентрацію (моль/л) As(V) у буферному розчині над $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$.

Формула з п. 5 не враховує конкуруючі протолітичні рівноваги за участі іонів Ca^{2+} .

10.3.8 Вкажіть, для якого середовища формула з п. 5 даватиме найбільшу похибку:

- А) сильноокислого;
- Б) нейтрального;
- В) сильнолужного.

10.3.9 Оберіть із запропонованих варіантів спосіб/способи, що дозволяють знизити загальну концентрацію As(V) у розчині над $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$:

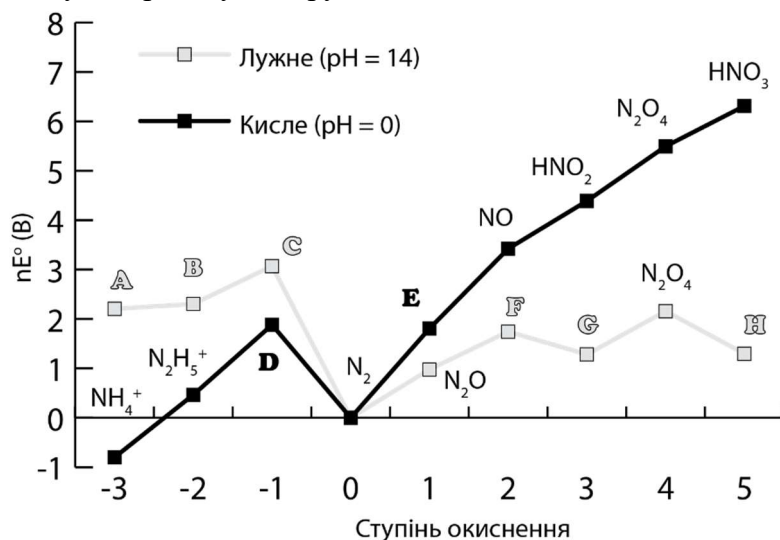
- А) додати до розчину NaOH;
- Б) додати до розчину HCl;
- В) додати до розчину CaCl_2 ;
- Г) додати до розчину NaH_2AsO_4 ;
- Д) додати до розчину ще 100 мл такого ж буферного розчину.

Завдання 10.4 Крижана електрохімія (Автор: Оніжук Микита)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 10.4.1 | 10.4.2 | 10.4.3 | 10.4.4 | 10.4.5 | 10.4.6 | 10.4.7 | 10.4.8 | Сума |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Максимум | 8 | 4 | 8 | 4 | 5 | 8 | 2 | 8 | 47 |

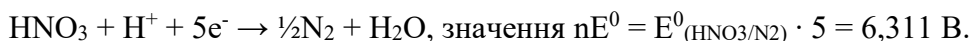
Діаграми Фроста використовуються для якісного аналізу відносної стійкості речовин в різних середовищах. На них вказуються стандартні потенціали напівреакцій відновлення до ступеню окиснення 0 помноженні на кількість електронів які вступають в напівреакцію в перерахунку на один атом елемента. Нижче на малюнку наведено діаграма Фроста для сполук нітрогену, а поруч в таблиці надані відповідні значення nE° :



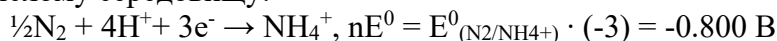
| Ступінь окиснення | nE° (В) | |
|-------------------|----------------|-------|
| | Кисле | Лужне |
| -3 | -0,800 | 2,206 |
| -2 | 0,466 | 2,303 |
| -1 | 1,882 | 3,070 |
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 1 | 1,806 | 0,977 |
| 2 | 3,422 | 1,744 |
| 3 | 4,388 | 1,282 |
| 4 | 5,494 | 2,135 |
| 5 | 6,311 | 1,297 |

Наприклад з цієї таблиці видно, що для HNO_3 в кислому середовищі для реакції:

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023 заочний тур, умови та розв'язки



А для аміаку в кислому середовищу:



10.4.1 Визначте невідомі речовини на графіку.

| | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A | B | C | D | E | F | G | H |
| | | | | | | | |

За допомогою діаграм Фроста можливо порівнювати схильність речовин утворювати певний продукт.

10.4.2 В якому середовищі (кислому, нейтральному, лужному) азот був би більш схильний до утворення ступеню окиснення -3? Відповідь аргументуйте з використанням даних, наведених вище.

10.4.3 Знайдіть окисно-відновний потенціал пари $\text{N}_2\text{O}_4/\text{N}_2$ в кислому та лужному середовищах. Запишіть рівняння відповідних напівреакцій. В якому середовищі N_2O_4 є більш сильним окисником?

10.4.4 Розрахуйте потенціал пари $\text{N}_2\text{O}_4/\text{N}_2$ при $\text{pH} = 10$ ($T = 298 \text{ K}$)? Якщо ви не знайшли окисно-відновний потенціал N_2O_4 , прийміть його рівним $E^0 = 0.400 \text{ В}$ для лужного середовища. Іонний добуток води дорівнює $K_w = 10^{-14}$.

10.4.5 Розрахуйте окисно-відновний потенціал пари $\text{N}_2\text{H}_5^+/\text{NH}_4^+$ в кислому середовищі та запишіть рівняння відповідної напівреакції.

Також, діаграми Фроста можуть використовуватись щоб знайти які речовини схильні диспропорціювати на сусідні ступені окиснення. Якщо нахил зліва від ступеня окиснення більший ніж нахил справа, така речовина більш схильна диспропорціювати.

10.4.6 Які ступені окиснення з наведених нижче були би схильні диспропорціювати та в яких середовищах. Якщо диспропорціювання йде, запишіть рівняння реакції.

| Ступінь окиснення | Схильність | Реакція в лужному | Реакція в кислому |
|-------------------|------------|-------------------|-------------------|
| -3 | | - | - |
| -1 | | | |
| 0 | | - | - |
| +3 | | - | - |
| +4 | | | |

В неявному вигляді, в діаграмах Фроста схована інформація про константи рівноваги.

10.4.7 Запишіть реакцію відновлення нітрогену в ступені окиснення +3 в кислому та лужному середовищах.

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

В кислому:

В лужному:

10.4.8 Використовуючи іонний добуток води, **знайдіть** константу дисоціації нітритної кислоти.

| |
|--|
| |
|--|

Завдання 10.5 Ігри ізомерів (Автори: Волочнюк Дмитро, Ганнопольський Антон)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 10.5.1 | 10.5.2 | 10.5.3 | 10.5.4 | 10.5.5 | 10.5.6 | Сума |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Максимум | 8 | 8 | 5 | 5 | 10 | 2 | 38 |

Серед сполук C_6H_{12} існують геометричні ізомери, що можуть бути поділені на дві групи: ізомери що обумовлені різним розташуванням замісників навколо подвійного зв'язку та ізомери що обумовлені різним розташуванням замісників циклу.

10.5.1 **Зобразіть** всі пари геометричних ізомерів C_6H_{12} , що мають подвійний зв'язок. При зображенні пари **вказіть** чи є сполука E-, Z-, або цис-, транс- ізомером.

10.5.2 **Зобразіть** всі пари геометричних ізомерів C_6H_{12} , що мають цикл. При зображенні пари **вказіть** чи є сполука E-, Z-, або цис-, транс- ізомером. У випадку, коли використання E-, Z-, або цис-, транс- індексів неоднозначне можете використовувати будь які інші.

10.5.3 **Намалюйте** всі ізомери C_6H_{12} , що мають один центр хіральності та є R-енантіомерами.

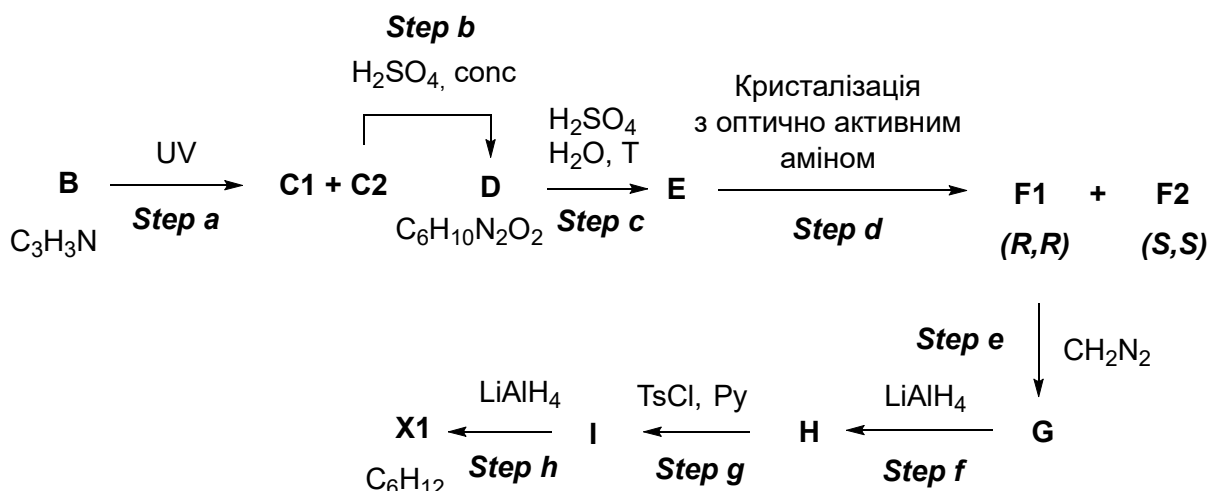
Сполука **A** в реакції фотохімічної димеризації теоретично може бути прекурсором для синтезу декількох ізомерів C_6H_{12} , що мають два різних вуглецевих скелета.

10.5.4 **Наведіть** структуру сполуки **A** та двох відповідних вуглецевих скелетів вуглеводню C_6H_{12} . Вкажіть на на якому з цих двох вуглецевих скелетах можливі оптичні ізомери та наведіть їх структури з відповідними стереохімічними індексами.

| A | C_6H_{12} | C_6H_{12} |
|--------------------------|-------------|-------------|
| Оптично активні ізомери: | | |

В реальному житті фотохімічна димеризація **A** не є препаративною. Для отримання відповідних ізомерів C_6H_{12} використовують «обхідні» методи. Так для отримання оптично активних ізомерів можна використати наступну схему.

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки



10.5.5 Розшифруйте схему, якщо відомо: (i) C1 та C2 є діастереомерами; (ii) F1 та F2 є енантіомерами з відповідними конфігураційними індексами, що вказані на схемі; (iii) TsCl це пара-толуенсульфохлорид, а Py це піридин.

| | | |
|----|----|----|
| B | C1 | C2 |
| D | E | F1 |
| F2 | G | H |
| I | X1 | |

10.5.6 Наведіть структуру речовини X2, що була отримана з F2 з використанням стадій Step e – Step h, та наведіть структуру речовини X3, що була отримана з C1 з використанням стадій Step b – Step h.

| | |
|----|----|
| X2 | X3 |
|----|----|

Завдання 10.6 Фреони (Автори: Волочнюк Дмитро, Гананольський Антон)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 10.6.1 | 10.6.2 | 10.6.3 | 10.6.4 | 10.6.5 | 10.6.6 | 10.6.7 | 10.6.8 | Сума |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Максимум | 5 | 2 | 3 | 2 | 7 | 8 | 8 | 2 | 37 |

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023 заочний тур, умови та розв'язки

До 20-х років ХХ ст. аміак мав широке використання як рефрижерант. Проте його токсичність та характерний сильний запах не дозволяв поширити тодішні технології охолодження харчових продуктів, осель та індустріальних об'єктів.

Саме тому індустріальний гігант General Motors сформував команду на чолі з Томасом Мідглеєм молодшим в 1928 році. Ця команда синтезувала та тестувала сполуки, що отримали назву **фреони**. В 1930 році колаборація General Motors з компанією DuPont ввела на ринок одну з найбільш комерційно успішних сполук, під назвою Freon-12. Ця органічна сполука не містить жодного атому водню. Масова частка флуору в ній складає 31,43%, а карбону 9,93%. Ця сполука була пізніше заборонена до використання в 1996 році в результаті введення в дію Монреальського протоколу. Причиною для цієї заборони стала реакція Freon-12 з озоном, що призвела до появ дір в озоновому шарі нашої планети.



10.6.1 Визначте молекулярну формулу сполуки Freon-12.

Відповідь підтвердить розрахунками.

| |
|--|
| |
|--|

Сам Freon-12 є досить хімічно інертною сполукою. Саме тому довгий час його використання як рефрижеранта не викликало ніяких занепокоєвань. Проте через певний час виявилось, що при проникненні в верхні шари атмосфери ця сполука дисоціює під впливом ультрафіолету. Після цього утворені радикали реагують з Озоном. Озон приймає участь в «гасінні» ультрафіолетового опромінення при його потраплянні в атмосферу.

10.6.2 Напишіть реакцію яка пояснює яким чином дисоціює Freon-12 під впливом ультрафіолету.

| |
|--|
| |
|--|

10.6.3 Зобразіть в загальній рисах графік залежності кількості озону в атмосфері від часу за умов постійного індустріального використання Freon-12 та **прокоментуйте** його.

| |
|--|
| |
|--|

10.6.4 Запишіть реакцію(ї), яка може відбуватися між продуктами дисоціації Freon-12 за озоном.

| |
|--|
| |
|--|

Фреони є представниками фтороорганічних сполук. Окремим класом фторорганічних сполук є перфторвуглеводні, тобто сполуки які складаються лише з атомів карбону та флуору. Основним методом отримання такого типу сполук є взаємодія вуглеводнів з неорганічним фторидом **X** (містить 49,16% флуору). Так при взаємодії вуглеводню **A** (містить 90,51% карбону, має 4 типи атомів водню) з **X** отримується перфторвуглеводнь **B** (містить 75,98% флуору). Аналогічно фторування вуглеводню **C** (90,85% карбону, має 4 типи атомів водню) за допомогою **X** дає перфторвуглеводнь **D** (містить 74,01% флуору). Слід зазначити, що сполуки **B** та **D** можуть існувати у вигляді двох діастереомерів.

10.6.5 Розшифруйте сполуки **X**, **A** та **C**. **Наведіть** структури двох діастереомерів для **B** та **D**.

| | | |
|----------|----------|----------|
| X | A | C |
| | | |

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

| |
|-----------------|
| Діастереомери В |
| Діастереомери D |

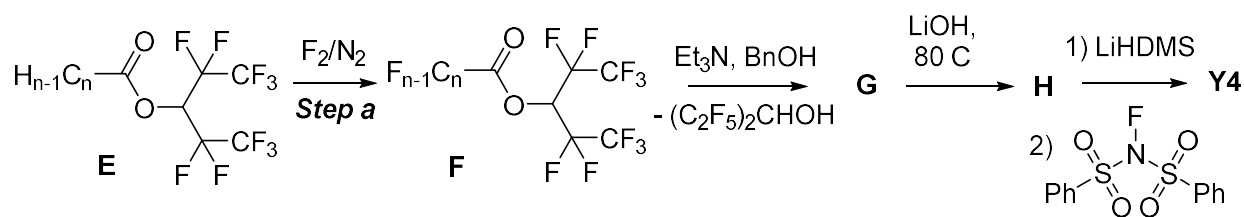
На відміну від вуглеводнів різноманіття синтезованих та охарактеризованих перфторвуглеводнів є набагато меншим. Так, сполук з загальною формулою C_nF_n відомо лише 4 (Y1, Y2, Y3 та Y4).

10.6.6 Намалуйте сполуки Y1, Y2, Y3 та Y4 якщо відомо:

- Сполука Y1 є надзвичайно нестабільним газом, що полімеризується з вибухом навіть при низьких температурах.
- Сполука Y2 є рідиною за нормальних умов з температурою плавлення 5 °C та кипіння 80 °C та має один тип атомів флуору.
- Сполука Y3 є рідиною за нормальних умов з температурою плавлення 6 °C та кипіння 52 °C, та може бути отримана фотолізом Y2.
- Сполука Y4 є безбарвною кристалічною речовиною з температурою плавлення 160 °C та має один тип атомів флуору.

| Сполука | Молекулярна формула | Структурна формула |
|---------|---------------------|--------------------|
| Y1 | | |
| Y2 | | |
| Y3 | | |
| Y4 | | |

Сполука Y4 була визнана найкрасивішою молекулою 2022 року за версією Chemical and Engineering News. Її синтез приведено нижче. Сполуку F проблематично виділити у чистому вигляді, тому вона була переведена у сполуку G (містить 36,51% флуору, має 3 типи атомів фтору), що була очищена. Сполука G при обробці LiOH при підвищеній температурі дає H (містить 57,80 % флуору, має 3 типи атомів флуору), що був переведений у Y4.



10.6.7 Розшифруйте сполуки E-H.

| | |
|---|---|
| E | F |
| G | H |

10.6.8 Чому неможливо синтезувати сполуку Y4 прямим флуоруванням відповідного вуглеводню, проте можливо здійснити реакцію (Step a)?

| |
|--|
| |
|--|

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023

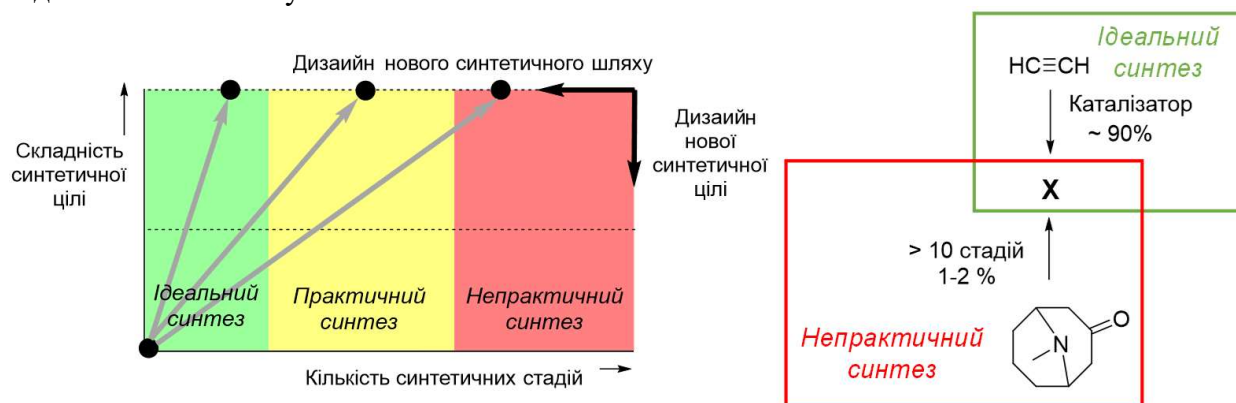
заочний тур, умови та розв'язки

Завдання 10.7 “Ідеальний” синтез (Автори: Волочнюк Дмитро, Гананольський Антон)

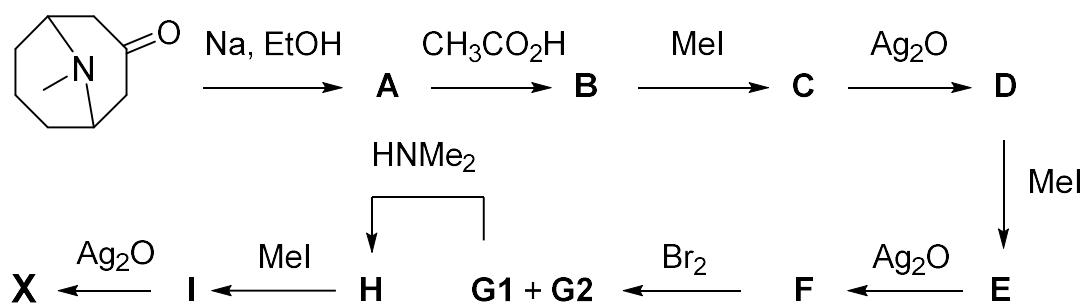
Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 10.7.1 | 10.7.2 | 10.7.3 | 10.7.4 | 10.7.5 | Сума |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Максимум | 11 | 3 | 5 | 4 | 6 | 29 |

У 2009 році у престижному журналі Nature було дано визначення ідеального органічного синтезу: “Виробництво цільової молекули за одну синтетичну операцію з легкодоступних вихідних матеріалів зі 100% виходом і без утворення побічних продуктів. Синтез повинен бути простим, безпечним, економічно прийнятним і екологічно чистим.” Звісно досягнути ідеальності у синтезі дуже складно і в багатьох випадках майже неможливо, тому вчені оперують практичністю синтезу. Однак як приклади майже ідеального і непрактичного синтезів у цій публікації наводилися два синтези сполуки X. Один з них був проведений у 1905 році і давав в багато стадій загальний вихід ~ 1%, що робило цей синтез непрактичним. Однак на початку 40-х років компанія BASF розробила простий синтез цієї сполуки, виходячи з ацетилену в одну стадію, що є прикладом «ідеального» синтезу.



Нижче наведено зашифровану схему непрактичного синтезу сполуки X.



10.7.1 Розшифруйте схему, якщо відомо: (i) сполука X має один сигнал у спектрах ^1H ЯМР та ^{13}C ЯМР; (ii) сполука B містить тільки карбон, гідроген та нітроген; (iii) сполука F є вуглеводнем; (iv) сполука F може реагувати з одним еквівалентом бромов за двома шляхами з отримання ізомерних сполук G1 та G2, проте лише G2 може вести до отримання сполуки X.

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

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

| | | |
|-----------|-----------|----------|
| D | E | F |
| G1 | G2 | H |
| I | X | |

10.7.2 Який саме каталізатор (**Cat1**) використовується для синтезу **X** з ацетилену? При зміні каталізатора **Cat1** на інший (**Cat2**) з ацетилену утворюється бензен. Наведіть структуру каталізатора **Cat2** та поясніть, чому зміна каталізатору призводить до зміни напрямку реакції.

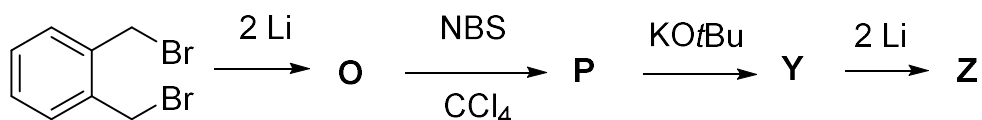
| | |
|-------------------|--------------|
| Cat1: | Cat2: |
| Пояснення: | |

Сполука **X** не є терmostійкою. За нагрівання вище 100 °C ця сполука ізомеризується в похідну **J**, що при опроміненні ультрафіолетом може перетворитися на газ **K** та ароматичну сполуку **M**.

10.7.3 Визначте структури J, K та M. Наведіть механізм перетворення **X** у **J**.

| | | |
|------------------|----------|----------|
| J | K | M |
| Механізм: | | |

Окрім сполуки **X**, було винайдено сполуку **Y** (C₁₆H₁₂), яка є безбарвною кристалічною речовиною. Вона містить структурний елемент **X**, та широко використовується у координаційній хімії, зокрема як ефективна каталітична отрута. Сполуку **Y** можна отримати за схемою, що наведено нижче. Ця сполука також легко реагує з лужними металами, наприклад, з літієм дає сполуку **Z** (Li₂C₁₆H₁₂), що забарвлена у яскравий червоно-коричневий колір.



10.7.4 Наведіть структури O, P, Y та Z, якщо відомо: (i) утворення **O** це реакція Вюрца; (ii) **NBS** це **N**-бромсукцинімід; (iii) всі перетворення у цій схемі проводилися в інертній атмосфері без доступу кисню та вологи повітря.

| | |
|----------|----------|
| O | P |
|----------|----------|

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

| | |
|---|---|
| Y | Z |
|---|---|

10.7.5 Наведіть просторову будову Y та Z. Поясніть різницю у просторовій будові та забарвленості Y та Z.

| | |
|---|---------------------|
| Просторова будова Y | Просторова будова Z |
| <u>Пояснення</u> різниці у просторовій будові | |
| <u>Пояснення</u> різниці у забарвленні | |

Задача 10.8 Порівняйте вуглеводні (OldSchool_20031013)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 10.8.1 | 10.8.2 | Сума |
|----------|--------|--------|------|
| Максимум | | | |

Ароматичні вуглеводні за властивостями відрізняються від циклоалкенів з такими ж розмірами кілець.

10.8.1 Які з перелічених нижче ознак відповідають ароматичним вуглеводням, а які – циклоалкенам (*закресліть неправильне*)? Відповідь підтвердіть рівняннями реакцій та прикладами сполук.

- I) схильність до реакцій електрофільного приєднання;
- II) схильність до реакцій електрофільного заміщення;
- III) схильність до реакцій радикального заміщення;
- IV) sp^2 -гібридизація всіх атомів у молекулі;
- V) sp^2 -гібридизація всіх атомів у кільці;
- VI) sp^3 -гібридизація всіх атомів у молекулі;
- VII) плоска форма кільця;
- VIII) плоска форма всієї молекули;
- IX) наявність цис-, транс-ізомерії.

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

| Номер ознаки | Клас вуглеводнів | Приклад (сполука та/або реакція) |
|--------------|---------------------------|----------------------------------|
| I | ароматичні циклоалкени | |
| II | ароматичні циклоалкени | |
| III | ароматичні циклоалкени | |
| IV | ароматичні циклоалкени | |
| V | ароматичні циклоалкени | |
| VI | ароматичні циклоалкени | |
| VII | ароматичні циклоалкени | |
| VIII | ароматичні циклоалкени | |
| IX | ароматичні циклоалкени | |

10.8.2 З урахуванням механізму реакцій заміщення в ароматичному ядрі та електронних ефектів замісників **розташуйте** наведені нижче речовини у порядку збільшення виходу *n*-ізомеру при дії на них бром у присутності залізних ошурок:

- I) пропілбензол; II) нітробензол; III) бензолсульфо кислота; IV) толуол;
V) хлорбензол.

| |
|--|
| |
|--|

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

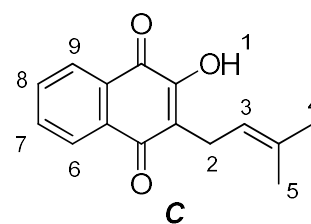
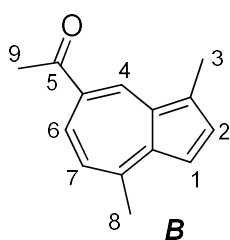
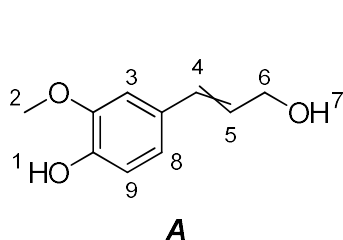
11 клас

Завдання 11.1. (Автор: Григоренко Олександр)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 11.1.1 | 11.1.2 | 11.1.3 | 11.1.4 | Сума |
|-----------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| Перевірка | 4,2 | 4,8 | 0,4 | 0,6 | 10,0 |

Три сполуки. Серед наведених нижче сполук **A** – **C** одна має синій колір, інша – жовтий, а третя є безбарвною. У додатку до цієї задачі наведено їх ¹H ЯМР спектри у дейтерованому хлороформі.



11.1.1. Співвіднесіть речовини, їх кольори та номери спектрів (за необхідності на спектрах можна малювати структури речовин та проміжні співвіднесення)

| Речовина | Колір | № спектру ¹ H ЯМР |
|----------|-------|------------------------------|
| A | | |
| B | | |
| C | | |

11.1.2. Скорочено **наведіть** мультиплетності сигналів у ¹H ЯМР спектрах (с – синглет, д – дублет, т – триплет, кв – квартет, дд – дублет дублетів, м – мультиплет тощо) та якомога повніше **співвіднесіть** їх з номерами протонів (використовуйте нумерацію атомів, яку наведено в умові задачі).

Сигнали у спектрі ¹H ЯМР № 1 (м. ч.)

| | | | | | | | | |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Хімічний зсув | 7.92 | 7.44 | 7.29 | 7.20 | 6.76 | 2.57 | 2.53 | 2.48 |
| Мультиплетність | | | | | | | | |
| № протону(ів) | | | | | | | | |

Сигнали у спектрі ¹H ЯМР № 2 (м. ч.)

| | | | | | | | |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Хімічний зсув | 8.63 | 8.09 | 8.03 | 7.73 | 5.24 | 3.28 | 1.59 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

| | | | | | | | | | |
|-----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Мультиплетність | | | | | | | | | |
| № протону(ів) | | | | | | | | | |

Сигнали у спектрі ^1H ЯМР № 3 (м. ч.)

| | | | | | | | | | |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Хімічний зсув | 7.13 | 6.91 | 6.86 | 6.76 | 6.41 | 6.18 | 4.13 | 3.88 | 2.85 |
| Мультиплетність | | | | | | | | | |
| № протону(ів) | | | | | | | | | |

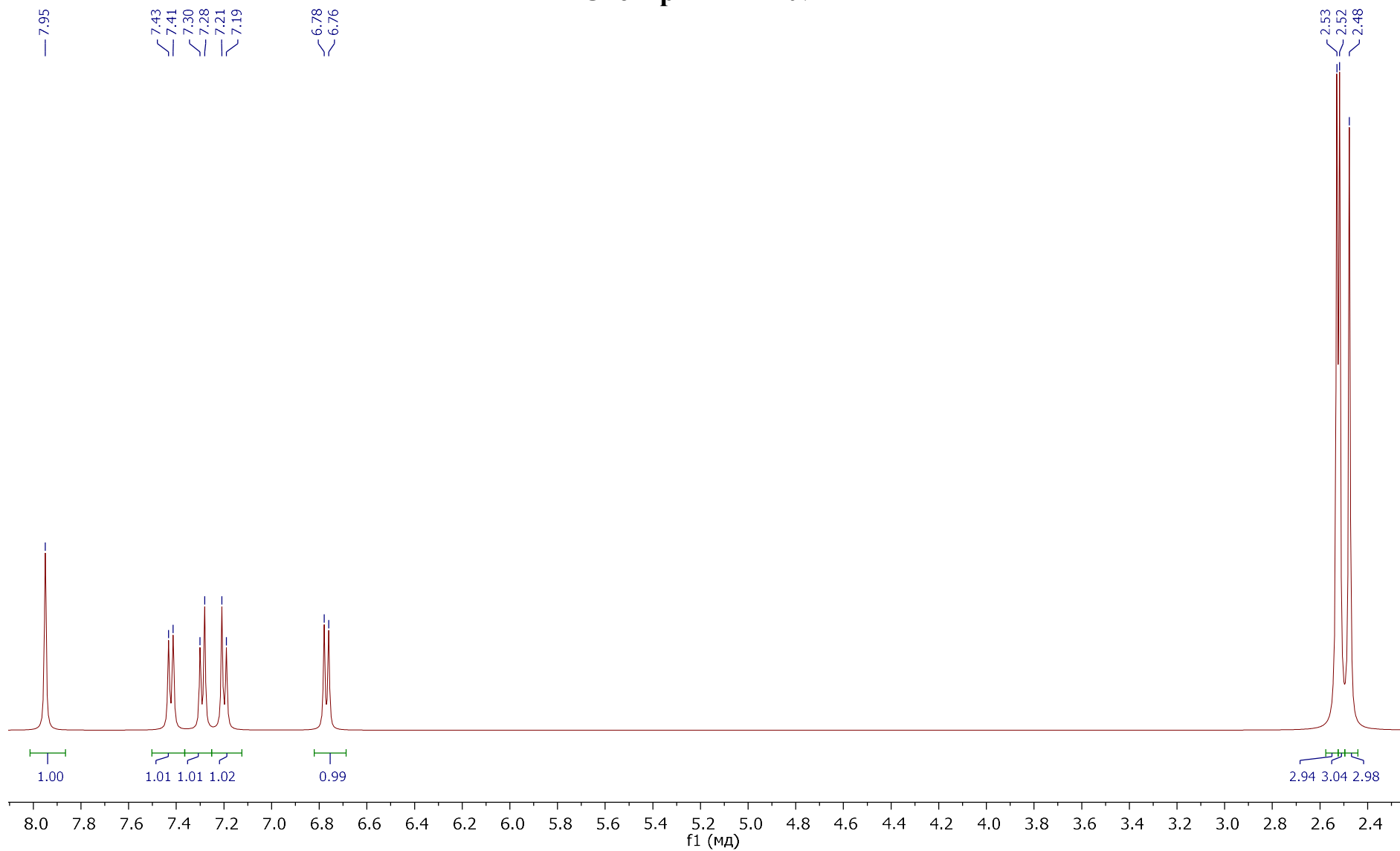
11.1.3. Сигнал при 6.41 м.ч. у спектрі № 3 проявляє константу спин-спінової взаємодії $J = 14.5$ Гц. Про що це **свідчить**?

| |
|--|
| |
|--|

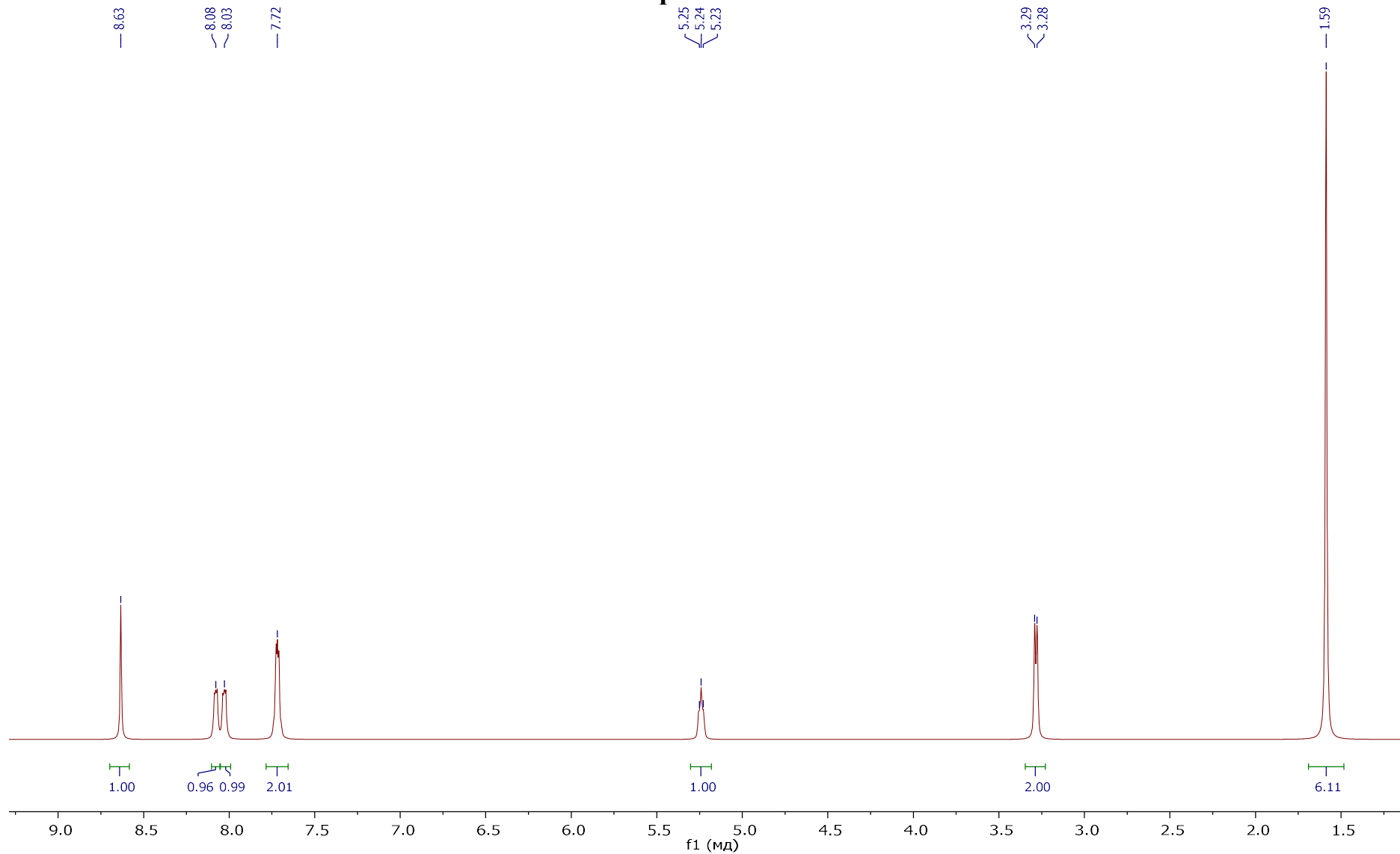
11.1.4. ^{13}C ЯМР спектр однієї із сполук А – С містить сигнал при 199.0 м.ч. **Якому атому** та **якій сполуці** він відповідає?

| |
|--|
| |
|--|

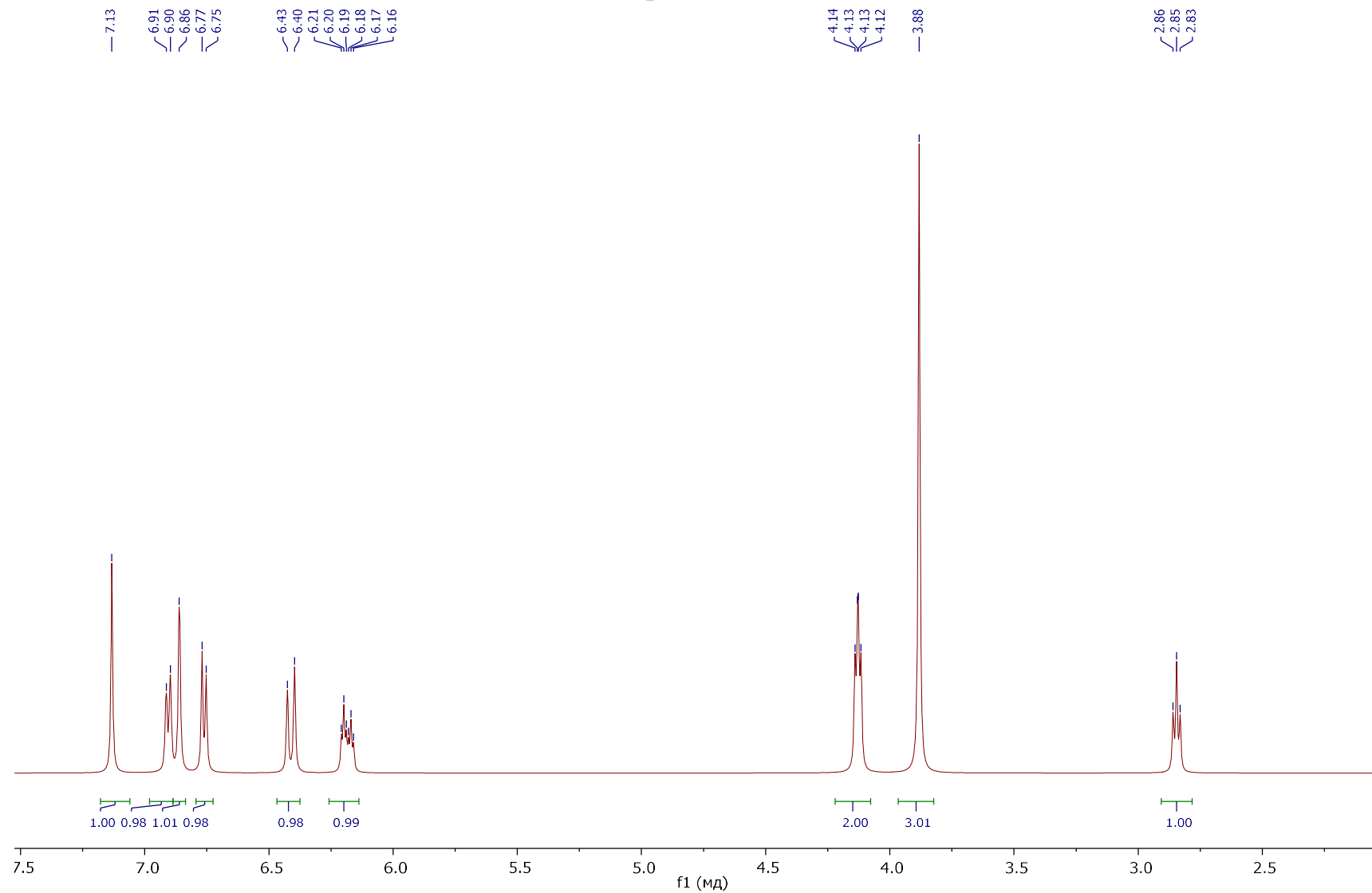
IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023 40
заочний тур, умови та розв'язки
Спектр ^1H ЯМР № 1



IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023 41
заочний тур, умови та розв'язки
Спектр ^1H ЯМР № 2



IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023 42
заочний тур, умови та розв'язки
Спектр ^1H ЯМР № 3



IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

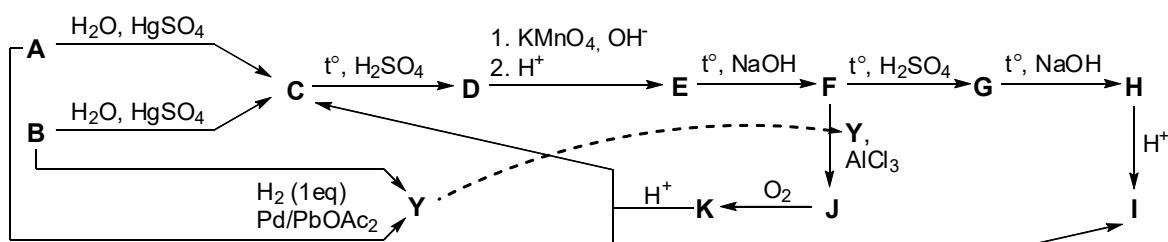
Завдання 11.2. (Автори: Ляпунов Олександр, Усенко Олександр)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 11.2.1 | 11.2.2 | 11.2.3 | Сума |
|-----------|------------|------------|------------|-------------|
| Перевірка | 7,8 | 1,1 | 1,1 | 10,0 |

Нижче наведено схему перетворень.

Вуглеводні **A** та **B** є структурними ізомерами та містять 90% карбону за масою. Часткове гідрування обох речовин (1 еквівалент H_2) призводить до речовини **Y**. **A** взаємодіє з амоніачним розчином Аргентум оксиду з утворенням вибухонебезпечного осаду речовини **X**. Обробка **A**, **B** або їх суміші водою у кислому середовищі за присутності солей Hg^{2+} призводить до єдиного продукту **C**. Нагрівання **C** з сульфатною кислотою дає симетричний вуглеводень **D**, окиснення якого призводить до речовини **E**. Продукт реакції **E** з гідроксидом натрію при сплавленні з надлишком лугу призводить до речовини **F**. **G** є продуктом реакції **F** з концентрованою сульфатною кислотою, також здатен реагувати з гідроксидом натрію. Сплавлення його з надлишком лугу призводить до речовини **H**, дія розчину кислоти на яку дає продукт **I**. За присутності каталізатора $AlCl_3$ **F** взаємодіє з **Y** (1 еквівалент), утворюючи речовину **J**. Остання за певних умов активно реагує з киснем повітря, утворюючи нестабільну речовину **K**, яка під дією кислот перетворюється на суміш **C** та **I**.



11.2.1. Напишіть структурні формули речовин А – X.

| | | |
|----------|----------|----------|
| A | B | C |
| | | |
| D | E | F |
| | | |
| G | H | I |
| | | |
| J | K | Y |
| | | |
| X | | |

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

11.2.2. Запропонуйте хімічний метод розділення суміші С та І.

| |
|--|
| |
|--|

11.2.3. Наведіть механізм перетворення $K \rightarrow C + I$.

| |
|--|
| |
|--|

Завдання 11.3. (Автор: Кудрик Олександр)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 11.3.1 | 11.3.2 | 11.3.3 | 11.3.4 | 11.3.5 | 11.3.6 | Сума |
|-----------|----------|------------|------------|----------|----------|----------|-----------|
| Перевірка | 2 | 1,5 | 1,5 | 1 | 2 | 2 | 10 |

6,1 г бензойної кислоти розчинили у одному літрі метанолу і додали каталітичну кількість іонообмінної смоли Amberlyst 15. Реакцію проводили за температури 21°C. Через визначені проміжки часу з реакційної суміші відбирали аліквоти і аналізували їх склад. Результати – мольні співвідношення кількості бензойної кислоти і метилбензоату - наведені у таблиці.

| Час, хв | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Бензойна Кислота, % | 95,3 | 90,8 | 86,5 | 82,5 | 78,6 | 74,9 | 71,4 | 68,0 |
| Метилбензоат, % | 4,7 | 9,2 | 13,5 | 17,5 | 21,4 | 25,1 | 28,6 | 32,0 |

11.3.1. Встановіть загальний порядок реакції.

| |
|--|
| |
|--|

11.3.2. Обчисліть ефективну константу швидкості реакції, вкажіть її розмірність. Вважайте, що побічних реакцій немає.

| |
|--|
| |
|--|

Цю саму реакцію провели за температури 64°C. Отримане значення константи швидкості виявилось більшим у 15 разів.

11.3.3. Обчисліть енергію активації реакції.

| |
|--|
| |
|--|

Для визначення впливу кількості каталізатора на швидкість реакції була проведена серія експериментів в ідентичних умовах, але з різною масовою часткою Amberlyst 15 (відносно бензойної кислоти). Початкові швидкості серії реакцій наведені у таблиці.

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

| | | | | |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Масова частка Amberlyst 15, % | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Початкова швидкість, моль·л ⁻¹ ·хв ⁻¹ | $3,7 \cdot 10^{-5}$ | $4,8 \cdot 10^{-5}$ | $6,0 \cdot 10^{-5}$ | $7,1 \cdot 10^{-5}$ |

Кінетичне рівняння для даної реакції: $v = k[C_6H_5COOH]^x \cdot [MeOH]^y \cdot m(Cat)^z$
m(Cat) - маса каталізатора

11.3.4. Виходячи з наведених даних, **встановіть** параметри x та z.

У наступному експерименті 6,1 г бензойної кислоти розчинили у 10,1 мл метанолу і додали каталітичну кількість сульфатної кислоти. Через проміжок часу, достатній для повного встановлення рівноваги, склад реакційної суміші проаналізували. Отримали мольне співвідношення бензойної кислоти до метилбензоату: 1:7,65. Густина метанолу – 0,972 г/мл.

11.3.5. Розрахуйте константу рівноваги цієї реакції. Вважайте, що реакційна суміш є гомогенною протягом реакції.

11.3.6. Встановіть конверсію за бензойною кислотою, якщо наведену вище реакцію провести з 20,2 мл метанолу за ідентичності інших умов.

Завдання 11.4. (Автор: Пашко Микола)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

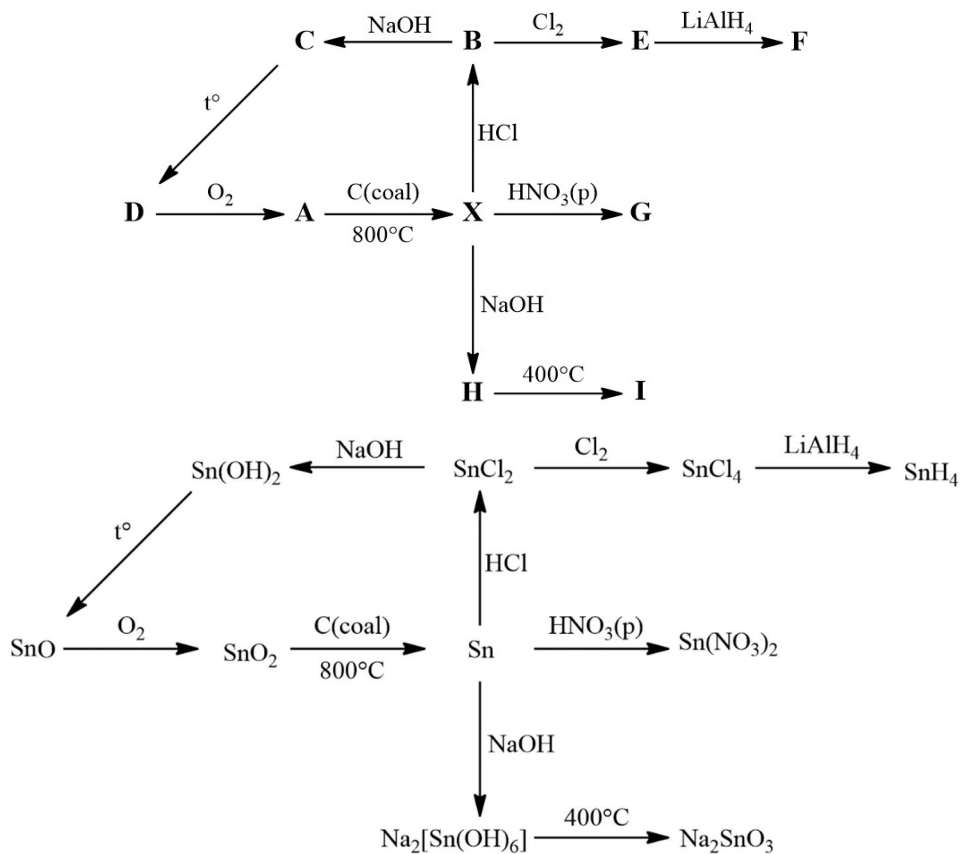
| Питання | 11.4.1 | 11.4.2 | 11.4.3 | 11.4.4 | 11.4.5 | Сума |
|-----------|----------------------|----------------|--------------------|----------------|------------------|------|
| Перевірка | 5 (0,3*10+0,2*10) | 0,6 (0,3*2) | 1 (0,3*2+0,2*2) | 2,4 (0,4*6) | 1 (0,6+0,2*2) | 10 |

У промисловості просту речовину **X** отримують відновлюючи вугіллям бінарну речовину **A**, яка є природнім мінералом. Речовина **X** виявляє амфотерні властивості, при розчиненні її у хлоридній та розведеної нітратній кислоті утворюються розчини сполук **B** і **G** відповідно, а при розчиненні у концентрованому розчині натрій гідроксиду утворюється речовина **H**. При прожарюванні речовина **H** втрачає 20,25% маси перетворюючись на **I**. Висушена від води сполука **B** може бути окиснена хлором з утворенням рідкої речовини **E**. При відновленні **E** алюмогідридом літію в розчині діетилового етеру утворюється газ **F** з масовою часткою **X** 96,74%. Якщо до водного розчину **B** додати розчин лугу, то випадає осад **C**, при прожарюванні якого утворюється бінарна речовина **D**, яка при взаємодії з киснем утворює **A**.

Нижче описані перетворення наведено у вигляді схеми.

11.4.1. Визначте зашифровані речовини **A-I**, **X**, та запишіть рівняння реакцій.

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки



| | | | |
|------------|----------|----------|----------|
| | | | |
| A | B | C | D |
| E | F | G | H |
| I | X | | |
| A→X | | | |
| X→B | | | |
| X→G | | | |
| X→H | | | |
| H→I | | | |
| B→E | | | |
| E→F | | | |

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

| | |
|------------|--|
| B→C | |
| C→D | |
| D→A | |

11.4.2. Зобразіть структурну формулу речовини **E** та аніону сполуки **H**.

| | |
|----------|----------|
| E | H |
|----------|----------|

При взаємодії водного розчину **H** з CO_2 випадає білий осад речовини **A1**, добре розчинний у NaOH та HCl . Через деякий час осад **A1** перетворюється на **A2**, який вже нерозчинний у NaOH та HCl . Також речовина **A2** може бути отримана при взаємодії **X** з концентрованим гарячим розчином нітратної кислоти. При прожарюванні **A1** та **A2** утворюється речовина **A**.

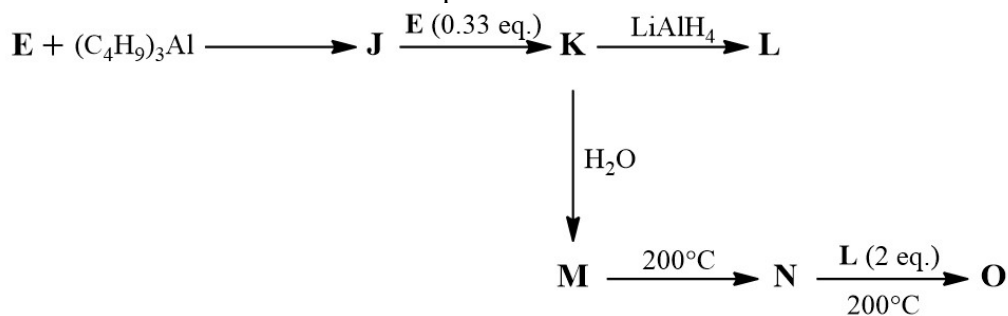
11.4.3. Наведіть формули речовин **A1** та **A2** і **запишіть** рівняння реакцій їх утворення

| | |
|-------------|-------------|
| A1 - | A2 - |
| H→A1 | |
| X→A2 | |

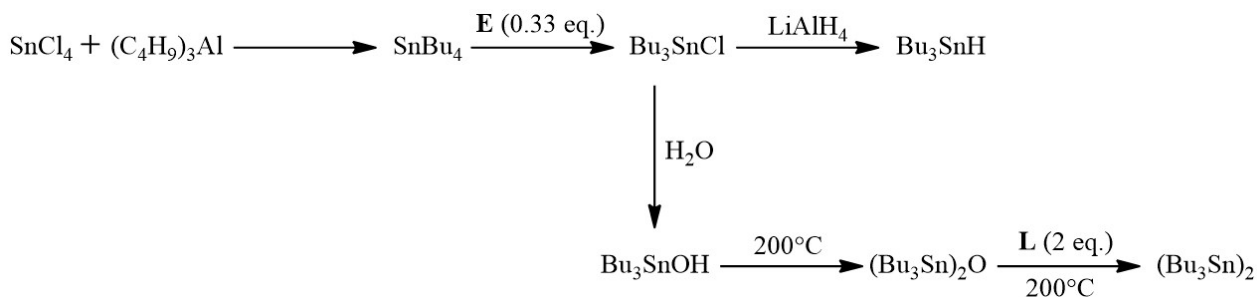
Сполуки елемента **X** широко використовуються в органічному синтезі. Нижче наведена схема отримання двох найбільш поширених в органічній хімії реагентів що містять **X**: речовини **L** і **O**. На першій стадії **E** реагує з надлишком трибутилалюмінію з утворенням **J**. При взаємодії **J** з $1/3$ еквівалента **E** утворюється **K**. Якщо відновити **K** алюмогідридом літію, то утворюється речовина **L**. При гідролізі **K** утворюється речовина **M**, яка при нагріванні перетворюється на речовину **N**. При взаємодії **N** з **L** утворюється **O**.

11.4.4. Визначте речовини **E, J, K, L, M, N, O** якщо відомо наступне:

- усі зашифровані речовини є рідинами
- $\omega(\text{X})$ в **N** 39,87%
- При спаленні 10,0 г **L** утворюється 9,25 л CO_2 (за н.у.) та 8,67 г H_2O , а при спалюванні 10,0 г **O** утворюється 9,28 л CO_2 (за н.у.) та 8,39 г H_2O , в обох випадках у сухому залишку після спалювання залишається тільки речовина **A**.



IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки



| | | | |
|-------------|----------|----------|----------|
| Розрахунки: | | | |
| J | K | L | M |
| N | O | | |

При взаємодії **J** з **n** еквівалентами **E** утворюється суміш речовин **K** та **K1**, яка після відновлення алюмогідридом літію утворює суміш **L** та **L1**.

11.4.5. Визначте речовини **K1** та **L1** і кількість еквівалентів **n**.

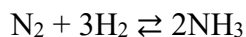
| | |
|-------------|-------------|
| n = | |
| K1 – | L1 – |

Завдання 11.5. (Автор: Пашко Микола)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 11.5.1 | 11.5.2 | 11.5.3 | 11.5.4 | 11.5.5 | 11.5.6 | 11.5.7 | Сума |
|-----------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|-----------|
| Перевірка | 2,5 | 1,5 | 1,5 | 0,75 | 1,5 | 1,5 | 0,75 | 10 |

Процес Габера-Боша – промисловий метод синтезу аміаку з азоту та водню під тиском (більше 100 атмосфер) та при нагріванні (400–500°C) у присутності каталізатора. Суміш азоту та водню пропускається через нагрітий каталізатор під високим тиском. Застосування каталізатора (пористе залізо з домішками Al_2O_3 та K_2O) дозволяє прискорити досягнення рівноважного стану. За рахунок високого тиску рівновага у реакції зміщується у бік аміаку.



У реактор об'ємом 100 л помістили суміш азоту і водню у відношенні 1:3 під тиском 150 бар при 25°C. Після нагрівання до 525°C і встановлення рівноваги тиск у реакторі склав 357 бар.

11.5.1. Розрахуйте константу рівноваги реакції синтезу аміаку при 525°C та склад рівноважної суміші.

| |
|-------------|
| Розрахунки: |
|-------------|

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

| | |
|----------------------|----------------------|
| $K_p =$ | $K_p =$ |
| $\chi(\text{H}_2) =$ | $\chi(\text{H}_2) =$ |

У реактор об'ємом 100 л помістили суміш азоту і водню у відношенні 1:1 (початковий тиск 150 бар, 25°C). Після нагрівання до 625°C рівноважний тиск аміаку склав 29,4 бар.

11.5.2. Розрахуйте мольні частки азоту і аміаку в рівноважній суміші та загальний тиск.

| | | |
|-------------|----------------------|----------------------|
| Розрахунки: | | |
| $P =$ | $\chi(\text{N}_2) =$ | $\chi(\text{H}_2) =$ |

11.5.3. Розрахуйте, за якого тиску при 525°C вихід аміаку при використанні суміші азоту і водню у відношенні 1:3 буде складати 95%.

| | | |
|-------------|--|--|
| Розрахунки: | | |
| $P =$ | | |

11.5.4. У промисловості зазвичай процес відбувається за таких тисків, за яких вихід аміаку складає 10–20%. **Оберіть один або декілька** правильних варіантів відповідей.

- а) При високих тисках зменшується швидкість реакції.
- б) В промисловості неможливо досягти тиску, при котрому вихід аміаку буде більше 90%.
- в) Проведення реакції з виходами 10–20% при невеликих тисках з подальшою рециркуляцією газів що не прореагували економічно більш вигідне.
- г) При тисках необхідних для виходу аміаку більше 20% починають проходити побічні реакції, що знижує загальний вихід аміаку.

| |
|--|
| |
|--|

11.5.5. Розрахуйте ентальпію реакції синтезу аміаку.

| |
|--------------|
| Розрахунки: |
| $\Delta H =$ |

11.5.6. Розрахуйте, за якої температури при тиску 357 бар вихід аміаку (при використанні суміші азоту і водню у відношенні 1:3) складе 95%.

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

Розрахунки:

T =

11.5.7. Чому в промисловості використовують високі температури незважаючи на те, що реакція є екзотермічною? **Оберіть один або декілька** правильних варіантів відповідей.

- а) При використанні менших температур швидкість реакції є недостатньою.
б) Використання високих температур, при яких вихід аміаку складає 10–20%, з подальшою рециркуляцією газів, що не прореагували, економічно більш вигідне.
в) При використанні низьких температур аміак переходить у рідкий стан, що порушує технологічний процес.
г) При низьких температурах швидше псується каталізатор.

Завдання 11.6. (Автор: Кандаскалов Дмитро)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 11.6.1 | 11.6.2 | 11.6.3 | 11.6.4 | Сума |
|-----------|--------|--------|--------|--------|------|
| Перевірка | 7 | 1 | 1 | 1 | 10 |

Є деякий жовтий ароматичний вуглеводень А. Його можна відновити трьома еквівалентами водню на паладії до насиченого циклоалкану Б, який далі не відновлюється. Окиснювальний озоноліз А призводить до утворення лише однієї органічної сполуки В ($\omega_C=26,67\%$, $\omega_H=2,22\%$ та O) та інших неорганічних продуктів реакції. Також вуглеводень А може утворювати з хлоридом Г (масова частка металу 58,72%) сандвічевий комплекс Д з масовою часткою карбону 43,90%. При відновленні літій алюмогідридом вуглеводню А утворюється вуглеводень Е, що має вісь симетрії другого порядку. Вуглеводень А здатний до легкої димеризації та полімеризації.

11.6.1. Визначте вуглеводень А та речовини Б - Е.

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |
| Г | Д | Е |
| | | |

11.6.2. Поясніть причину забарвленості вуглеводню А.

Наявність дипольного моменту в молекулі

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023 заочний тур, умови та розв'язки

11.6.3. Напишіть резонансні структури вуглеводню А.

11.6.4. Поясніть причину формування комплексу Д.

Завдання 11.7. Мінерал (Автор: Алексеєв Сергій)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 11.7.1 | 11.7.2 | 11.7.3 | 11.7.4 | 11.7.5 | 11.7.6 | Сума |
|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Перевірка | 1 | 2,2 | 3,5 | 1,3 | 1 | 1 | 10 |
| | 0,5+0,5 | 11*0,2 | | | | | |

Структура деякого мінералу відповідає формулі $M_xSi_yO_z$, де **M** атом металу; x, y, z – цілі числа. У природних зразках мінералу на позиції **M** можуть знаходитися іони різних металів (**A** та **B**), тоді його формула приймає вигляд $(A_tB_{1-t})_xSi_yO_z$, де t – дробне число (різне для різних зразків мінералу) у діапазоні $0 < t < 1$.

Зразок мінералу масою 0,5000 г сплавили з Na_2CO_3 на повітрі. До одержаного продукту додали надлишок розчину HCl , одержану суміш *випарили на водяній бані*, знов змішали з розчином HCl , осад 1 відфільтрували, промили і прожарили при $1000^\circ C$. Його маса становила 0,1475 г.

Фільтрат і промивну рідину зібрали у мірну колбу 100 мл. Одержаний розчин 1 дає яскраво-червоне забарвлення з $KSCN$ та синій осад з $K_4Fe(CN)_6$, що є якісними реакціями на іони металу **A**.

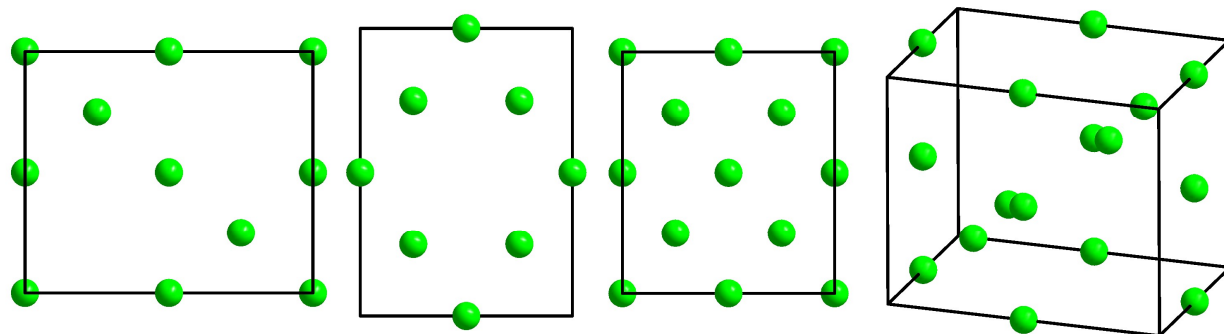
Для визначення **A** аліквоту 20,00 мл розчину 1 частково нейтралізували ($pH = 2$), додали сульфосаліцилову кислоту і відтитрували 0,05 М розчином трилону Б до червоного забарвлення. Об'єм становив 18,5 мл.

Іншу аліквоту розчину 1 об'ємом 2,00 мл розвели водою приблизно до 50 мл, додали 2 мл 1М розчину $NaOH$, після чого 2 мл 10% розчину $MgSO_4$. Осад, що утворився, відфільтрували і промили водою. Потім осад розчинили в 10 мл 10% ортофосфатної кислоти, додали 10 мл 1% $AgNO_3$ та 0,3 г $K_2S_2O_8$ і прокип'ятили. Розчин забарвився у яскраво-малиновий колір, що є ознакою наявності металу **B**. Розчин розбавили водою у мірній колбі на 50 мл, його оптична густина при 545 нм (кювета 1 см) склала $A_{545} = 0,453$. Оптичні густини та концентрації металу **B** у градувальних розчинах (ці розчини містять точно відомі концентрації металу **B** і піддавалися ідентичній обробці) наведені у таблиці 1.

| B, мг/л | 1,0 | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 8,0 | 10,0 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A_{545} | 0,062 | 0,153 | 0,276 | 0,430 | 0,541 | 0,712 |

Цей мінерал кристалізується у ромбічній сингонії (елементарна комірка має форму прямокутного паралелепіпеда (цеглини), розміри комірки становлять $a = 0,50$ нм, $b = 1,0$ нм, $c = 0,60$ нм). У структурі мінералу кожен атом **Si** зв'язаний з 4 атомами **O**, а кожен атом **O** – з одним **Si** та трьома **M**.

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки



11.7.1. Встановіть метали **A** та **B**.

11.7.2. Напишіть рівняння реакцій, що відбуваються.

11.7.3. Розрахуйте склад зразку мінералу та виведіть його формулу (у вигляді $(A_tB_{1-t})_xSi_yO_z$).

11.7.4. Поясніть, навіщо проводилися позначені курсивом дії в ході аналізу.

11.7.5. Розрахуйте густину мінералу.

11.7.6. Встановіть координаційне число металу в його структурі (якщо формулу мінералу встановити не вдалося, проведіть розрахунок густини та КЧ для $La_4(SiO_4)_3$ з параметрами комірки $a = 0,90$ нм, $b = 1,1$ нм, $c = 0,65$ нм).

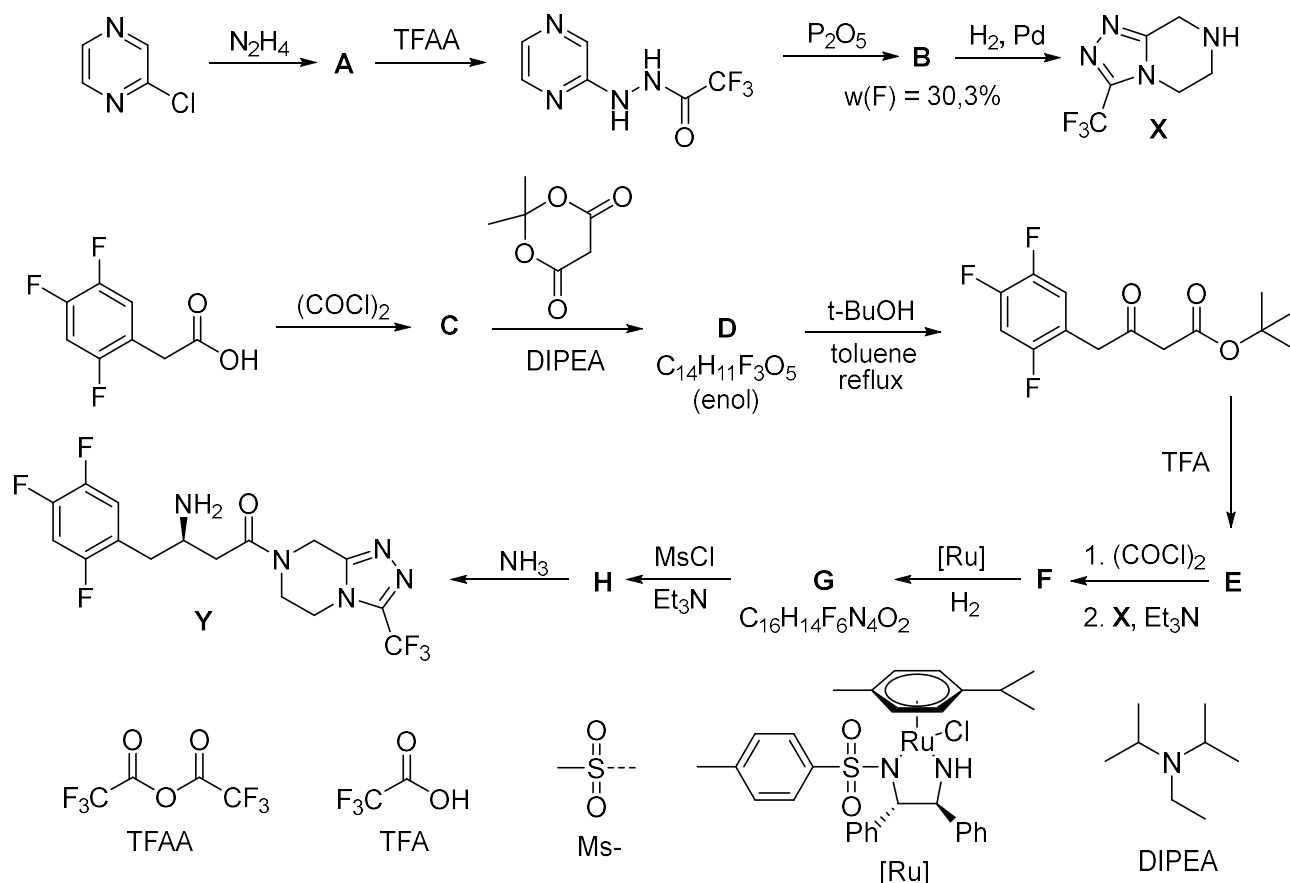
Завдання 11.8. (Автор: Авраменко Микола)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 11.8.1 | 11.8.2 | 11.8.3 | Сума |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| Перевірка | 7 | 1 | 2 | 10 |
| | | | | |

Нижче наведено один з можливих синтезів сполуки **Y**. Цей метод так і не знайшов промислового використання через розробку інших більш дешевих та легких методів. Зверніть увагу, що сполука **D** існує у енольній формі. Оптична чистота отриманого **Y** – 98%.

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки



11.8.1. Наведіть структури сполук А – Н, обов'язково вказуючи абсолютну конфігурацію стереоцентрів.

| | | |
|----------|----------|----------|
| A | B | C |
| | | |
| D | E | |
| | | |
| F | G | |
| | | |
| H | | |
| | | |

11.8.2. Яка роль Et_3N в перетворенні Е в F? Яку слід очікувати **конверсію** за відсутності Et_3N та 1,0 еквіваленті X?

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки

11.8.3. Вкажіть, за яким механізмом відбувається перетворення **H** в **Y**, якщо воно є стереоспецифічним?

Який порядок слід очікувати за кожним із реагентів?

Підкресліть правильне слово в твердженні нижче.

Скільки еквівалентів амоніаку треба для цієї реакції?

Механізм:

Порядки. NH_3 : **H**:

Цей механізм відбувається зі збереженням/інверсією/рацемізацією стереоцентру (правильне підкресліть/обведіть)

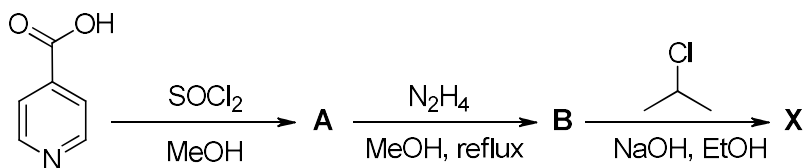
Кількість еквівалентів амоніаку:

Завдання 11.9. (Автор: Архипов Антон)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

| Питання | 11.9.1 | 11.9.2 | Сума |
|-----------|----------|----------|-----------|
| Перевірка | 3 | 7 | 10 |

Одним із перших типів антидепресантів є препарати, що належать до класу інгібіторів моноаміноксидази. Синтез одного із представників цього класу препаратів, може бути проведений з піридин-карбонової кислоти за схемою:

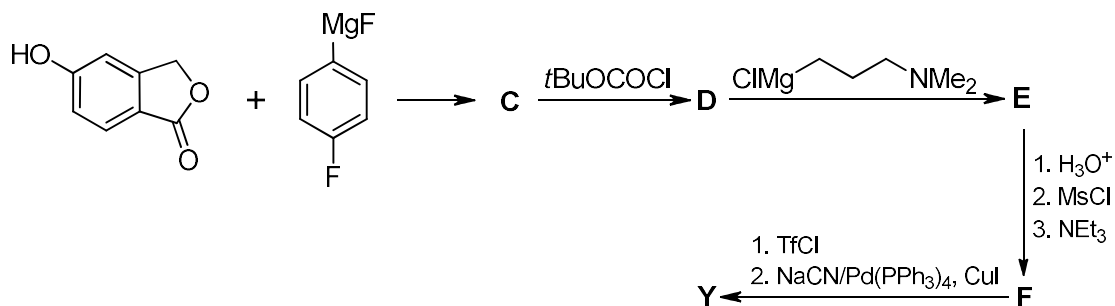


11.9.1. Знайдіть сполуки **A**, **B** та **X**.

| A | B | X |
|----------|----------|----------|
| | | |

Антидепресанти, що належать до групи інгібіторів моноаміноксидази, мають багато побічних ефектів та є несумісними з багатьма іншими препаратами. Більш сучасними є препарати, що належать до групи селективних інгібіторів зворотного захоплення серотоніну. Схему синтезу одного із таких препаратів наведено нижче.

IV дистанційна Всеукраїнська хімічна олімпіада, 2023
заочний тур, умови та розв'язки



11.9.2. Знайдіть сполуки C - F та Y.

| C | D | E |
|---|---|---|
| | | |
| F | Y | |
| | | |

