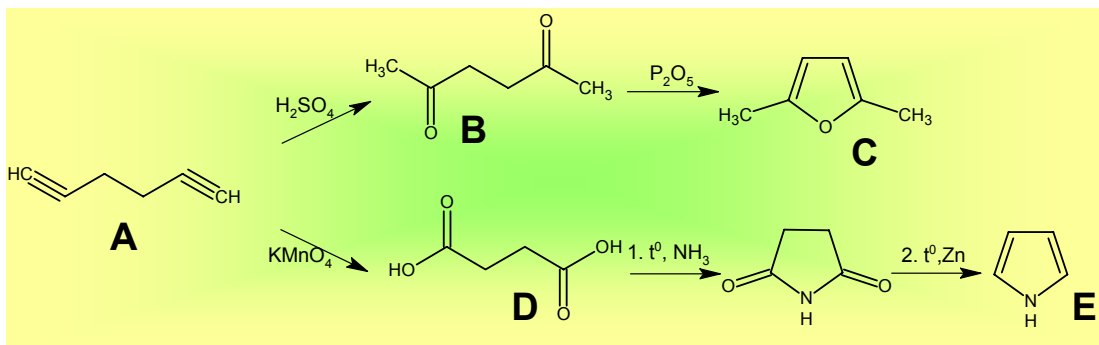


65-й річниці Перемоги
у Великій Вітчизняній війні
присвячується



Завдання і розв'язки
теоретичних турів IV етапу

47 Всеукраїнської олімпіади з хімії



Івано-Франківськ

2010

Голова журі

Ю. В. Холін

Заступники голови журі

К.С. Гавриленко
С.А. Неділько

Куратори класів і турів

О. Ю. Усенко
К.С. Гавриленко
М.О. Колосов
С.В. Колотілов
Д.М. Волочнюк

Експерт олімпіади

І. В. Комаров

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

Г. І. Мальченко

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

Юлії **Безпалько**
Михайла **Виборного**
Дмитра **Волочнюка**
Костянтина **Гавриленка**
Олександра **Григоренка**
Олега **Жикола**
Євгена **Калініченка**
Дмитра **Кандаскалова**
Олени **Коваленко**
Максима **Колосова**
Сергія **Колотілова**
Івана **Кондратова**
Лідії **Логінової**
Олександра **Ляпунова**
Олени **Міхальової**

Костянтина **Мельникова**
Євгена **Остапчука**
Галини **Пиріг**
Павла **Попеля**
Сергія **Пуніна**
Дмитра **Радченка**
Володимира **Старости**
Антоніа **Ткаченка**
Романа **Савки**
Людмили **Слети**
Василя **Стецика**
Максима **Тимофєєва**
Олександра **Усенка**
Юрія **Холіна**
Анатолія **Чорного**

© 2010 Журі 47 Всеукраїнської
олімпіади з хімії

Web-сайт українських хімічних олімпіад
<http://www-chemo.univer.kharkov.ua/olympiad.htm>

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

ЗМІСТ

Журі 47-ї Всеукраїнської олімпіади з хімії

**Завдання і розв'язки теоретичних турів IV етапу 47-ї
Всеукраїнської олімпіади з хімії**

**Рекомендації з підготовки до IV етапу Всеукраїнської
олімпіади з хімії**

До викладачів, науковців, учителів, студентів, аспірантів

Журі 47-ї Всеукраїнської олімпіади з хімії

1. ХОЛІН Ю.В. проректор Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна, професор, доктор хімічних наук (голова)
2. ГАВРИЛЕНКО К.С. старший науковий співробітник Науково-виробничого хіміко-біологічного центру Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кандидат хімічних наук (заступник голови)
3. НЕДІЛЬКО С.А. професор Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доктор хімічних наук (заступник голови)
4. ЧУЙКО Ю.І. методист комунального закладу „Харківський обласний науково-методичний інститут безперервної освіти” (секретар)
5. АЛЕКСЄЄВ С.О. доцент Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кандидат хімічних наук
6. БЕРЕЗАН О.В. вчитель Нововолинського обласного ліцею-інтернату Волинської області, кандидат педагогічних наук
7. БЕСПАЛЬКО Ю.М. науковий співробітник Донецького національного університету
8. БОЙКО В.П. асистент Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника
9. ВАРГАЛЮК В.Ф. декан Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, професор, доктор хімічних наук
10. ВЕСТ С.О. заступник директора ліцею № 100 „Поділ” м.Києва
11. ВИБОРНИЙ М.А. студент Київського національного університету імені Тараса Шевченка
12. ВОЛОЧНЮК Д.М. старший науковий співробітник Інституту органічної хімії НАН України, кандидат хімічних наук
13. ГНАТИШИН Н.М. заступник директора державного вищого навчального закладу „Калуський політехнічний коледж” Івано-Франківської області
14. ГОЛУБОВСЬКА В.С. асистент Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника
15. ГРИГОРЕНКО О.О. асистент Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кандидат хімічних наук
16. ГРУЗНОВА С.В. доцент Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г.Шевченка, к.х.н.
17. ДОВГИЙ І.І. завідувач кафедри Севастопольського національного університету ядерної енергетики та промисловості, кандидат хімічних наук

18. ДЯЧЕНКО В.Д. декан Луганського національного університету імені Тараса Шевченка, професор, доктор хімічних наук
19. ЖИКОЛ О.А. науковий співробітник НТК „Інститут монокристалів” НАН України, кандидат хімічних наук
20. КАЛІНІЧЕНКО Є.О. аспірант Донецького національного університету
21. КАНДАСКАЛОВ Д.В. аспірант Тулузького університету, Франція
22. КОЛОСОВ М.О. доцент Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, кандидат хімічних наук
23. КОЛОТІЛОВ С.В. старший науковий співробітник Інституту фізичної хімії НАН України, кандидат хімічних наук
24. КОНДРАТОВ І.С. науковий співробітник Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України, кандидат хімічних наук
25. ЛАБІЙ Ю.М. професор Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, доктор технічних наук
26. ЛИСТВАН В.В. доцент Житомирського державного університету імені Івана Франка, кандидат хімічних наук
27. ЛОГІНОВА Л.П. завідувач кафедри Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, професор, доктор хімічних наук
28. ЛЯВИНЕЦЬ О.С. декан Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, професор, доктор хімічних наук
29. ЛЯПУНОВ О.Ю. науковий співробітник Інституту фізико-органічної хімії імені О.В. Богатського НАН України, кандидат хімічних наук
30. МАНЖОС О.П. доцент Сумського державного університету, кандидат хімічних наук
31. МАРТИНЮК Г.В. доцент Рівненського державного гуманітарного університету, кандидат хімічних наук
32. МЕЛЬНИК О.Д. доцент Івано-Франківського технічного університету нафти і газу, кандидат хімічних наук
33. ОСТАПЧУК Є.М. науковий співробітник НВП ТОВ „Снамін”
34. ПАВЛЮК В.М. доцент Івано-Франківського медичного університету, кандидат хімічних наук
35. ПЛЯНСЬКА М.А. викладач державного вищого навчального закладу „Калуський політехнічний коледж” Івано-Франківської області
36. ПОПЕЛЬ П.П. доцент Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кандидат хімічних наук
37. ПУНІН С.В. науковий співробітник НВП „Укроргсинтез”

38. РАДЧЕНКО Д.С. молодший науковий співробітник НВП „Снамін”
39. РЯБУХІН С.В. старший науковий співробітник НВП ТОВ „Снамін”, кандидат хімічних наук
40. СЕМКО Б.Ф. викладач державного вищого навчального закладу „Калуський політехнічний коледж” Івано-Франківської області
41. СОМОВ В.М. старший викладач Волинського національного університету імені Лесі Українки
42. СТАРОСТА В.І. професор Ужгородського національного університету, доктор педагогічних наук, кандидат хімічних наук
43. СТЕПАНЕНКО І.О. студент Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького
44. СУГАТОВ О.П. вчитель загальноосвітньої школи І-ІІІ ступенів № 10 м. Керчі Автономної Республіки Крим
45. СУХОВЕЄВ В.В. професор Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя, доктор хімічних наук
46. ТКАЧЕНКО А.М. студент Київського національного університету імені Тараса Шевченка
47. ТИМОФЕЄВ М.П. студент Національного фармацевтичного університету України
48. УСЕНКО О.Ю. директор ТОВ „Сігмафарм”
49. ХОРОШИЛОВ Г.Є. доцент Луганського національного університету імені Тараса Шевченка, кандидат хімічних наук
50. ФОЧУК П.М. професор Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, доктор хімічних наук
51. ЧЕРНІЙ М.В. вчитель спеціалізованої загальноосвітньої школи № 4 м.Вінниці

Теоретичні тури 47-ї Всеукраїнської олімпіади з хімії

Завдання і розв'язки

Шановні учасники олімпіади!

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

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

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

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

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

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

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

8. При нестачі паперу звертайтеся до чергового в класі.

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

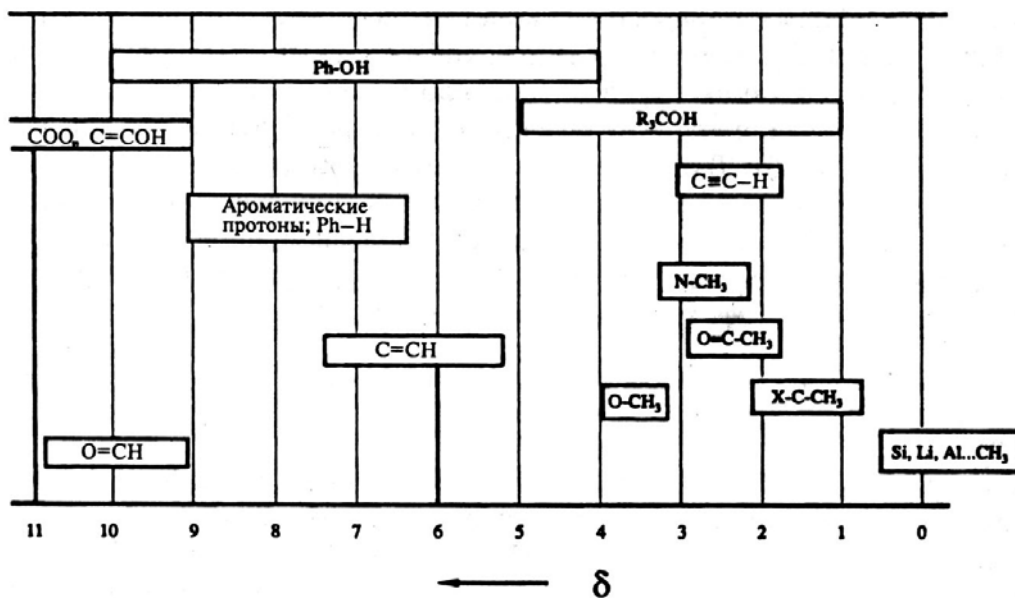
Корисна інформація

| | |
|---|---|
| стала Авогадро $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹ | нормальні умови: 0°C, 1 атм. |
| заряд електрона $1.6021892 \cdot 10^{-19}$ Кл | мольний об'єм ідеального газу за н.у. 22.4 л·моль ⁻¹ . |
| універсальна газова стала $R = 8.314$ Дж·моль ⁻¹ ·К ⁻¹ | рівняння стану ідеального газу (Менделєєва-Клапейрона) $PV = nRT$ |
| стала Планка $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с | формула Планка $E = hv$ |
| швидкість світла у вакуумі $c = 3 \cdot 10^8$ м·с ⁻¹ | закон Бера-Бугера-Ламберта $A = \epsilon cl$ |
| стала Фарадея $1 F = 96485$ Кл·моль ⁻¹ | $\Delta_r G^\circ = -RT \ln K = -nFE_{cell}^\circ$ |
| нормальні умови (н.у.): температура 0 °C, тиск 1 атм. | рівняння Нернста $E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{\Pi(Ox_i)^{v_i}}{\Pi(Red_i)^{v_i}}$ |
| стандартний тиск 1 Бар = 10 ⁵ Па 1 атм = 1,01325 Бар = 1,01325·10 ⁵ Па = = 760 мм рт. ст. | рівняння Арреніуса $k = A \exp\left(-\frac{E_A}{RT}\right)$ |
| об'єм сфери $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ | іонний добуток води $K_w = 10^{-14}$ |

Періодична система елементів Д.І. Менделєєва

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| 1 H 1.008 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 He 4.003 |
| 3 Li 6.94 | 4 Be 9.01 | | | | | | | | | | | 5 B 10.81 | 6 C 12.01 | 7 N 14.01 | 8 O 16.00 | 9 F 19.00 | 10 Ne 20.18 |
| 11 Na 22.99 | 12 Mg 24.30 | | | | | | | | | | | 13 Al 26.98 | 14 Si 28.09 | 15 P 30.97 | 16 S 32.06 | 17 Cl 35.45 | 18 Ar 39.95 |
| 19 K 39.10 | 20 Ca 40.08 | 21 Sc 44.96 | 22 Ti 47.87 | 23 V 50.94 | 24 Cr 52.00 | 25 Mn 54.94 | 26 Fe 55.85 | 27 Co 58.93 | 28 Ni 58.69 | 29 Cu 63.55 | 30 Zn 65.38 | 31 Ga 69.72 | 32 Ge 72.64 | 33 As 74.92 | 34 Se 78.96 | 35 Br 79.90 | 36 Kr 83.80 |
| 37 Rb 85.47 | 38 Sr 87.62 | 39 Y 88.91 | 40 Zr 91.22 | 41 Nb 92.91 | 42 Mo 95.96 | 43 Tc - | 44 Ru 101.07 | 45 Rh 102.91 | 46 Pd 106.42 | 47 Ag 107.87 | 48 Cd 112.41 | 49 In 114.82 | 50 Sn 118.71 | 51 Sb 121.76 | 52 Te 127.60 | 53 I 126.90 | 54 Xe 131.29 |
| 55 Cs 132.91 | 56 Ba 137.33 | 57-71 | 72 Hf 178.49 | 73 Ta 180.95 | 74 W 183.84 | 75 Re 186.21 | 76 Os 190.23 | 77 Ir 192.22 | 78 Pt 195.08 | 79 Au 196.97 | 80 Hg 200.59 | 81 Tl 204.38 | 82 Pb 207.2 | 83 Bi 208.98 | 84 Po - | 85 At - | 86 Rn - |
| 87 Fr - | 88 Ra - | 89-103 | 104 Rf - | 105 Db - | 106 Sg - | 107 Bh - | 108 Hs - | 109 Mt - | 110 Ds - | 111 Rg - | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 57 La 138.91 | 58 Ce 140.12 | 59 Pr 140.91 | 60 Nd 144.24 | 61 Pm - | 62 Sm 150.36 | 63 Eu 151.96 | 64 Gd 157.25 | 65 Tb 158.93 | 66 Dy 162.50 | 67 Ho 164.93 | 68 Er 167.26 | 69 Tm 168.93 | 70 Yb 173.05 | 71 Lu 174.97 |
| 89 Ac - | 90 Th 232.04 | 91 Pa 231.04 | 92 U 238.03 | 93 Np - | 94 Pu - | 95 Am - | 96 Cm - | 97 Bk - | 98 Cf - | 99 Es - | 100 Fm - | 101 Md - | 102 No - | 103 Lr - |

Хімічні зсуви ядер в спектрах ^1H ЯМР

I теоретичний тур

8 клас

Задача 1. Іменний посуд

Назва кожного предмету в таблиці пов'язана з іменем одного з таких учених: Бюхнер, Ерленмейер, Морр, Вюрц, Шотт, Бунзен, Д'юар, Лібіх, Бекман, Дрексель, Тіщенко, Кіпп. Впишіть відповідні прізвища у відведених для цього місцях.

1



Цей німецький хімік-органік (1825–1909) запровадив у використання газову піч для елементного аналізу і **конічну плоскодонну колбу** (1859), що носить його прізвище. У 1884 р. став президентом Німецького хімічного товариства.

Колба _____

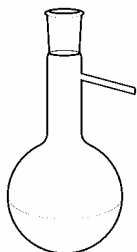
2



Роботи цього німецького хіміка (1851–1935) присвячені хімії і технології скла. Введенням до складу скла оксидів металів він створив нові сорти стекол з цінними властивостями. **Лійка для фільтрування** з впаяною пористою скляною пластинкою названа його ім'ям.

Фільтр _____

3



Цей французький хімік (1817–1884) відомий не лише як експериментатор, але й як менеджер та популяризатор хімічної науки. Вперше одержав ціанурову кислоту. **Круглодонна колба з відростком** для перегонки при атмосферному тиску – його винахід.

Колба _____

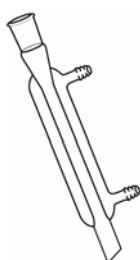
4



Основна галузь досліджень цього німецького хіміка (1860–1917) – ензимологія; за свої дослідження йому було присуджено Нобелівської премії. **Фарфорова лійка з фарфоровою сіткою** для фільтрування при зниженому тиску – його винахід.

Воронка _____

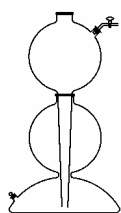
5



Цей німецький хімік (1803–1873) відкрив ізомерію фульмінатів і ціанатів, класифікував кислоти за основністю, вперше висунув теорію каталізу. Винайшов прилад для **охолодження і конденсації пари** рідини, яка переганяється.

Холодильник _____

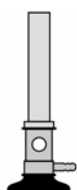
6



Цей голандський хімік і аптекар (1808–1864) не вів наукових досліджень і не зробив великих відкриттів. Він відомий тим, що заснував фірму з виробництва наукових приладів. Випущений у 1853 році **апарат для одержання газів** отримав ім'я засновника фірми.

Апарат _____

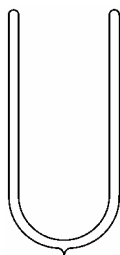
7



Відкриття рубідію і цезію, синтез ціаніду калію – заслуги саме цього німецького хіміка (1811–1899). Один з розробників теорії і практики спектрального аналізу. Створений ним **газовий пальник** можна зустріти практично в будь-якій лабораторії.

Пальник _____

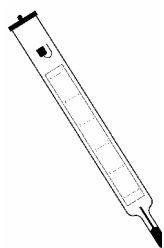
8



Роботи цього англійського хіміка (1842–1923) присвячені вивченню процесів при наднизьких температурах, вперше одержав рідкий і твердий водень. Сконструював **посудину з подвійними стінками** для підтримки низьких температур і зберігання зріджених газів.

Посудина _____

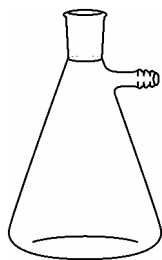
9



Кріоскопічний метод визначення молекулярної маси розчинених речовин – один з напрямків робіт цього німецького хіміка (1853–1923). Високоточний **термометр змінного наповнення** був створений ним саме для цього.

Термометр _____

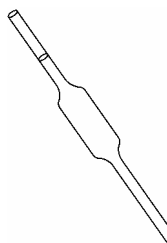
10



Товстостінна конічна **колба для фільтрування** під зниженим тиском – один з багатьох винаходів цього німецького хіміка.

Колба _____

11



Роботи цього німецького хіміка (1806–1879) належать до аналітичної хімії. Написав книгу з титриметричного методу аналізу, запровадив поняття нормальності розчину. Сконструював бюретку, затискач, ваги і **піпетку** фіксованого об'єму. Подвійний сульфат феруму-амонію також носить його ім'я.

Піпетка _____

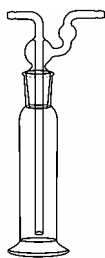
12



Один з вищезгаданих хіміків є також винахідником найбільш поширеного типу **лабораторного штативу** – металевий стрижень на підставці.

Штатив _____

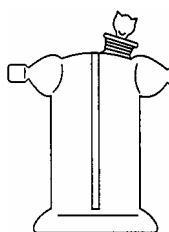
13



Цей німецький хімік і фізіолог (1843–1897) просто оприлюднив у часописі конструкцію нової **склянки** для промивання газів. Хіміки всього світу визнали її настільки зручною, що привласнили їй ім'я її автора. Під такою назвою вона увійшла до всіх довідників, підручників і каталогів.

Склянка _____

14



Органічна хімія та лісохімія – основна галузь робіт цього радянського хіміка (1861–1941). Розробив 28 марок хімічного скла. Запропонував новий тип **склянки** для промивання і сушки газів рідкими і твердими речовинами.

Склянка _____

Відповідь

1



Цей німецький хімік-органік (1825–1909) запровадив у використання газову піч для елементного аналізу і **конічну плоскодонну колбу** (1859), що носить його прізвище. У 1884 р. став президентом Німецького хімічного товариства.

Колба Ерленмейєра _____

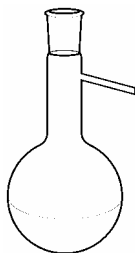
2



Роботи цього німецького хіміка (1851–1935) присвячені хімії і технології скла. Введенням до складу скла оксидів металів він створив нові сорти стекл з цінними властивостями. **Лійка для фільтрування** з впаяною пористою скляною пластинкою названа його ім'ям.

Фільтр Шотта _____

3



Цей французький хімік (1817–1884) відомий не лише як експериментатор, але й як менеджер та популяризатор хімічної науки. Вперше одержав ціанурову кислоту. **Круглодонна колба з відростком** для перегонки при атмосферному тиску – його винахід.

Колба Вюрца

4



Основна галузь досліджень цього німецького хіміка (1860–1917) – ензимологія; за свої дослідження йому було присуджено Нобелівської премії. **Фарфорова лійка з фарфоровою сіткою** для фільтрування при зниженому тиску – його винахід.

Воронка Бюхнера

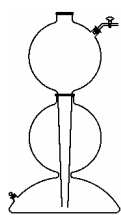
5



Цей німецький хімік (1803–1873) відкрив ізомерію фульмінатів і ціанатів, класифікував кислоти за основністю, вперше висунув теорію каталізу. Винайшов прилад для **охолодження і конденсації пари** рідини, яка переганяється.

Холодильник Лібіха

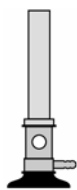
6



Цей голандський хімік і аптекар (1808–1864) не вів наукових досліджень і не зробив великих відкриттів. Він відомий тим, що заснував фірму з виробництва наукових приладів. Випущений у 1853 році **апарат для одержання газів** отримав ім'я засновника фірми.

Апарат Кіппа

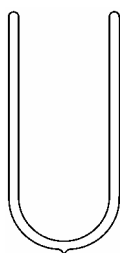
7



Відкриття рубідію і цезію, синтез ціаніду калію – заслуги саме цього німецького хіміка (1811–1899). Один з розробників теорії і практики спектрального аналізу. Створений ним **газовий пальник** можна зустріти практично в будь-якій лабораторії.

Пальник Бунзена

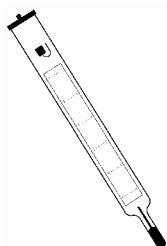
8



Роботи цього англійського хіміка (1842–1923) присвячені вивченню процесів при наднизьких температурах, вперше одержав рідкий і твердий водень. Сконструював **посудину з подвійними стінками** для підтримки низьких температур і зберігання зріджених газів.

Посудина Дьюара

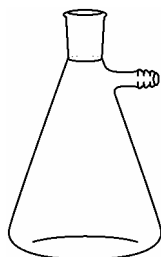
9



Кріоскопічний метод визначення молекулярної маси розчинених речовин – один з напрямків робіт цього німецького хіміка (1853–1923). Високоточний **термометр змінного наповнення** був створений ним саме для цього.

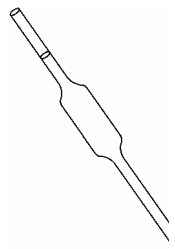
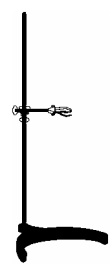
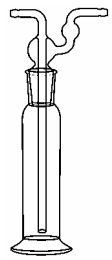
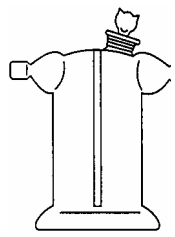
Термометр Бекмана

10



Товстостінна конічна **колба для фільтрування** під зниженим тиском – один з багатьох винаходів цього німецького хіміка.

Колба Бунзена

| | | |
|----|---|---|
| 11 |  | <p>Роботи цього німецького хіміка (1806–1879) належать до аналітичної хімії. Написав книгу з титриметричного методу аналізу, запровадив поняття нормальності розчину. Сконструював бюретку, затискач, ваги і піпетку фіксованого об'єму. Подвійний сульфат феруму-амонію також носить його ім'я.</p> |
| | | <p><i>Піпетка Мора</i> <input type="checkbox"/></p> |
| 12 |  | <p>Один з вищезгаданих хіміків є також винахідником найбільш поширеного типу лабораторного штативу – металевий стрижень на підставці.</p> |
| | | <p><i>Штатив Лібиха</i> <input type="checkbox"/></p> |
| 13 |  | <p>Цей німецький хімік і фізіолог (1843–1897) просто оприлюднив у часописі конструкцію нової склянки для промивання газів. Хіміки всього світу визнали її настільки зручною, що привласнили їй ім'я її автора. Під такою назвою вона увійшла до всіх довідників, підручників і каталогів.</p> |
| | | <p><i>Склянка Дрекселя</i> <input type="checkbox"/></p> |
| 14 |  | <p>Органічна хімія та лісохімія – основна галузь робіт цього радянського хіміка (1861–1941). Розробив 28 марок хімічного скла. Запропонував новий тип склянки для промивання і сушки газів рідкими і твердими речовинами.</p> |
| | | <p><i>Склянка Тищенко</i> <input type="checkbox"/></p> |

Задача 2. Екологія Дніпра

Дніпро, найбільша річка України, є основним джерелом водопостачання великих промислових центрів країни. Еколого-санітарний стан вод Дніпра викликає тривогу. Так, у 2009 році загальний об'єм стічних вод, злитих у басейн Дніпра, склав 1852 млн. м³. Маса речовин та елементів, що надійшли до водойм Дніпра: 285 тис. тон сульфатів, 467 тис. тон хлоридів, 5,1 тис. тон амонійного нітрогену, 34,2 тис. тон нітратів, 919 тон феруму, 20,1 тон купрум.

1. Наведіть не менше двох причин забруднення басейну Дніпра.
2. Якими є концентрації відповідних частинок (у моль/л та мг/мл) у стічних водах, що потрапили до басейну Дніпра ?
3. Знайдіть сумарну молярну концентрацію однозарядних катіонів у цих водах, якщо відомо, що сумарна концентрація іонів кальцію та магнію в Дніпрі становить $1,5 \cdot 10^{-3}$ моль/л, ферум знаходиться у виді Fe^{3+} , а купрум – Cu^{2+} .
4. Яка загальна маса нітрогену потрапила до Дніпра у 2009 році?
5. В якому масовому співвідношенні потрібно злити розчини хлориду калію з масовою часткою 10% та сульфату натрію з масовою часткою 12%, щоб мольне співвідношення хлориду до сульфату в отриманому розчині було таким же, як і у стічних водах?

Днепр, самая большая река Украины, является основным источником водоснабжения крупных промышленных центров страны. Эколого-санитарное состояние вод Днепра вызывает тревогу. Так, в 2009 году общий объем сточных вод, слитых в бассейн Днепра, составил 1852 млн. м³. Массы соответствующих веществ и элементов, попавших в Днепр, составили: 285 тыс. тонн сульфатов, 467 тыс. тонн хлоридов, 5,1 тыс. тонн азота в аммонийной форме, 34,2 тыс. тонн нитратов, 919 тонн железа, 20,1 тонна меди.

1. Приведите не менее двух причин загрязнения Днепра.
2. Рассчитайте концентрации соответствующих частиц (в моль/л и мг/мл) в сточных водах, попавших в бассейн Днепра.
3. Определите суммарную молярную концентрацию однозарядных катионов в этих водах, если известно, что суммарная концентрация ионов кальция и магния в Днепре составляет $1,5 \cdot 10^{-3}$ моль/л, железо находится в виде Fe^{3+} , а медь – Cu^{2+} .
4. Какова общая масса азота, попавшего в Днепр в 2009 году?
5. В каком массовом соотношении необходимо слить растворы хлорида калия с массовой долей 10% и сульфата натрия с массовой долей 12%, чтобы молярное соотношение хлорид-ионов к сульфат-ионам в полученном растворе было таким же, как в стоках?

Розв'язок

1. Основними забруднювачами басейну Дніпра є промислові підприємства чорної та кольорової металургії, атомні електростанції, сільськогосподарські підприємства.
2. $c(\text{SO}_4^{2-}) = 1.6 \cdot 10^{-3}$ моль/л або 0.154 мг/мл, $c(\text{Cl}^-) = 7.1 \cdot 10^{-3}$ моль/л або 0.252 мг/мл, $c(\text{N з NH}_4^+) = 1.53 \cdot 10^{-4}$ моль/л або $2 \cdot 10^{-3}$ мг/мл, $c(\text{NO}_3^-) = 2.98 \cdot 10^{-4}$ моль/л або 0.0185 мг/мл, $c(\text{Fe}) = 8.86 \cdot 10^{-6}$ моль/л або $4.96 \cdot 10^{-4}$ мг/мл, $c(\text{Cu}) = 1.71 \cdot 10^{-7}$ моль/л або $1.1 \cdot 10^{-5}$ мг/мл.
3. Знайти сумарну концентрацію однозарядних катіонів $[\text{A}^+]$ можна з умови електронейтральності розчину:
$$[\text{A}^+] + 2[\text{Mg}^{2+}] + 2[\text{Ca}^{2+}] + 3[\text{Fe}^{3+}] + 2[\text{Cu}^{2+}] + [\text{NH}_4^+] = [\text{NO}_3^-] + 2[\text{SO}_4^{2-}] + [\text{Cl}^-],$$
звідки $[\text{A}^+] = 7.4 \cdot 10^{-3}$ моль/л
4. $m(\text{N}) = n \cdot M(\text{N}) = (n(\text{NH}_4^+) + n(\text{NO}_3^-)) \cdot M(\text{N}) = 11,7 \cdot 10^3$ т.
5. У стічних водах молярне співвідношення $n(\text{Cl}^-) : n(\text{SO}_4^{2-}) = 4.44$. У x г розчину хлориду міститься $0.1x$ г KCl , або $1.342 \cdot 10^{-3}x$ моль KCl . У z г

розчину сульфату міститься $0.12z$ г Na_2SO_4 , або $8.45 \cdot 10^{-4}z$ моль Na_2SO_4 .

Відношення $x:z = 2.8$.

Задача 3. Розділяй

Запропонуйте найпростіші способи розділення таких сумішей на індивідуальні компоненти:

1. Розчин натрій хлориду у воді.
2. Розчин вуглекислого газу у воді.
3. Суміш порошків срібла та натрій хлориду.
4. Суміш порошків заліза та срібла.
5. Стоп заліза та срібла.
6. Суміш азоту та вуглекислого газу.

Наведіть рівняння використаних вами хімічних реакцій.

Предложите простейшие способы разделения таких смесей на индивидуальные компоненты:

1. Раствор хлорида натрия в воде.
2. Раствор углекислого газа в воде.
3. Смесью порошков серебра и хлорида натрия.
4. Смесью порошков железа и серебра.
5. Сплав железа и серебра.
6. Смесью азота и углекислого газа.

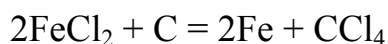
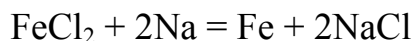
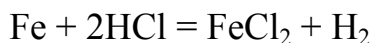
Приведите уравнения использованных вами химических реакций.

Розв'язок

1. Відгонка розчинника.
2. Кип'ятіння суміші.
3. Обробка водою з подальшим фільтруванням та випаровуванням фільтрату.

4. Магнітна сепарація.

5. Обробка хлоридною кислотою, фільтрування срібла, випаровування фільтрату; далі ферум хлорид можна відновити активними металами чи коксом:



6. Охолодження нижче -78°C . За цієї температури вуглекислий газ твердне, азот залишається газоподібним.

Задача 4. Дорожчий за золото

Вперше сріблястий метал X добули в 1825 р. взаємодією його хлориду з металічним калієм. В ті часи його вартість була значно вищою за вартість золота. Але з часом, завдяки розробці більш економічних методів отримання, він знайшов широке використання у промисловості та побуті.

Взаємодія 13,35 г хлориду XCl_3 з калієм приводить до утворення 2,35 г X (вихід речовини X складає 87 %).

1. Визначте метал X та його хлорид. Як у виробництві називається описаний вище процес? Які ще метали можна добути за аналогічними реакціями? Наведіть три приклади.
2. Яким методом добувають X в наш час?

Метал X за звичайних умов є досить стійким, але в деяких випадках його хімічна активність значно змінюється. Так, наприклад, нагрівання пластинки X аж до температури топлення на повітрі не призводить до його згорання, але якщо її поверхню обробити ртуттю, через деякий час на вологому повітрі вона перетвориться на дрібний порошок сірого кольору. Така ж сама пластинка швидко розчиняється в водному розчині хлоридної кислоти, однак якщо перед

цим її витримати деякий час в концентрованій нітратній кислоті, вона перестає взаємодіяти з хлоридною.

3. Поясніть, завдяки чому відбувається різка зміна реакційної здатності X у наведених прикладах. Наведіть рівняння реакцій, про які йдеться в умові.

Впервые серебристый металл X получили в 1825 г. взаимодействием его хлорида с металлическим калием. В те времена он был намного дороже золота. Но со временем, благодаря разработке более экономичных методов получения, он нашел широкое применение в промышленности и в быту.

Взаимодействие 13,35 г хлорида XCl_3 с калием приводит к образованию 2,35 г X (выход вещества X составляет 87 %).

1. Определите металл X и его хлорид. Как в промышленности называется описанный выше процесс? Какие еще металлы можно получить аналогичными реакциями? Приведите три примера.

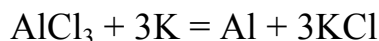
2. Каким методом получают X в настоящее время?

Металл X в обычных условиях довольно устойчив, однако в некоторых случаях его химическая активность значительно изменяется. Так, например, нагревание пластинки X на воздухе вплоть до температуры плавления не приводит к его сгоранию, но если поверхность пластинки обработать ртутью, на влажном воздухе, некоторое время спустя, она превращается в мелкий порошок серого цвета. Такая же самая пластинка быстро растворяется в водном растворе соляной кислоты, однако, если предварительно ее выдержать некоторое время в концентрированной азотной кислоте, она перестает взаимодействовать с соляной.

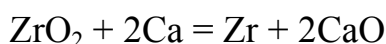
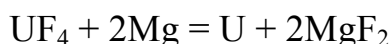
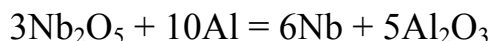
3. Объясните, благодаря чему происходит резкое изменение реакционной способности X в приведенных примерах. Приведите уравнения реакций, о которых идет речь в условии.

Розв'язок

1. Метал X – алюміній, хлорид – AlCl_3 .

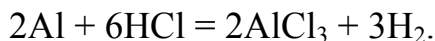


Процес добування одних металів відновленням іншими з їх солей або оксидів називається металотермією.



2. Алюміній у промисловості добувають електролізом розчину Al_2O_3 в розтопленому кріоліті Na_3AlF_6 .

3. Поверхня металічного алюмінію вкрита тонким шаром оксидної плівки, яка запобігає його самочинному окисленню під дією кисню повітря. Ртуть, утворюючи амальгаму з алюмінієм, руйнує цю плівку на поверхні алюмінію, що призводить до його швидкої корозії:



Концентрована нітратна кислота, навпаки, збільшує товщину оксидної плівки та робить її щільнішою, що робить пластинку стійкішою до розведених розчинів кислот.

Задача 5. Тенісний м'яч

Для того щоб тенісний м'яч добре відскакував від корту (тенісної площадки) необхідно, щоб тиск усередині м'яча дещо перевищував нормальний. Для цього перед тим як склеювати дві напівсфери м'яча, змащені клеєм, в них кладуть таблетку двох солей. Склеєні резинові половинки м'яча поміщують в форму та нагрівають. В результаті в ньому проходить реакція з виділенням газу, який і дає надлишковий тиск.



Для одного м'яча діаметром 64,4 мм використовують таблетку, яка містить 0,0535 г солі **A** та 0,069 г солі **B** (еквімолярна суміш). В результаті повного проходження реакції утворюється газ **B**, який збільшує тиск в м'ячі до 1,2 атм. Густина газової суміші в м'ячі за воднем 14,4. Сіль **A** при нагріванні також утворює лише газову фазу, густина якої за воднем дорівнює 13,375, а сіль **B** забарвлює полум'я в жовтий колір.

1. Визначте якісний та кількісний (у мольних частках) склад газової суміші в м'ячі, припускаючи, що повітря містить лише два компоненти і об'ємна частка кисню складає 20%.
2. Визначте компоненти таблетки та напишіть рівняння реакції, що проходить при її нагріванні.
3. Чому в професійних тенісних змаганнях, наприклад, таких як «Wimbledon», «Roland Garros» та інші, тенісні м'ячі замінюють кожні 20-30 хв. на нові, не дивлячись на те, що вони є цілими?

Для того чтобы теннисный мяч хорошо отскакивал от корта (теннисной площадки) необходимо, чтобы давление внутри мяча было несколько выше атмосферного. Для этого перед склеиванием двух полусфер мяча в них вкладывают таблетку, состоящую из двух солей. Склеенные резиновые половинки мяча помещают в форму и нагревают, в результате чего в нем проходит реакция с выделением газа, который и создает избыточное давление.

Для одного мяча диаметром 64,4 мм используют таблетку, содержащую 0,0535 г соли **A** и 0,069 г соли **B** (эквимольная смесь). В результате полного прохождения реакции образуется газ **B**, который увеличивает давление в мяче до 1,2 атм. Плотность по водороду газовой смеси в мяче составляет 14,4. Соль **A** при нагревании также образует только газовую фазу, плотность которой по водороду составляет 13,375, а соль **B** окрашивает пламя в желтый цвет.

1. Определите качественный и количественный (в мольных долях) состав газовой смеси в мяче, считая, что воздух состоит только из двух компонентов (объемная доля кислорода составляет 20 %).
2. Определите компоненты, входящие в состав таблетки, и приведите уравнение реакции, которая происходит при ее нагревании.
3. Почему в профессиональных теннисных турнирах, таких как «Wimbledon», «Roland Garros» и др., теннисные мячи заменяют каждые 20-30 минут на новые, несмотря на то, что они остаются целыми?

Розв'язок

1. Визначимо газ **В**. Цей газ дає внесок 0,2 атм у загальний тиск, а тиск повітря в м'ячі – 1 атм. Позначимо молярну масу газу **В** x г/моль. Маємо рівняння:

$$x \cdot \frac{0,2}{1,2} + 29 \cdot \frac{1}{1,2} = 14,4 \cdot 2 \Rightarrow x = 28 \text{ (г/моль)}.$$

Отже, газ – N_2 або CO , але CO не утворюється при взаємодії двох солей.

Таким чином, газ **В** – це азот N_2 .

Парціальний тиск кисню в м'ячі 0,2 атм, об'ємна частка $\varphi_{O_2} = 1/6$, а $\varphi_{N_2} = 5/6$ атм.

2. Сіль **А** утворює при нагріванні газову фазу, середня молярна маса якої складає $13,375 \cdot 2 = 26,75$ (г/моль). Оскільки число не ціле, утворюється не індивідуальний газ, а суміш декількох газів (скоріше двох), причому молярна маса одного з газів менша за 26,75 г/моль. Знаючи, що при нагріванні таблетки утворюється N_2 , можна припустити, що **А** – сіль амонію. При її розкладі можливо виділення NH_3 . У цьому випадку інший газ має молярну масу 36,5 г/моль (за умови, що аніон солі однозарядний). Таким чином, другий газ – HCl . Перевірка того, що **А** – амонійна сіль з двозарядним чи тризарядним аніоном не дає прийнятних варіантів. Отже, сіль **А** – NH_4Cl .

$$n_A = n_B = \frac{0,0535}{53,5} = 0,001 \quad (\text{моль}), \quad \text{звідки} \quad M_B = \frac{0,069}{0,001} = 69 \quad \text{г/моль.}$$

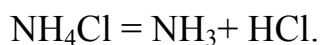
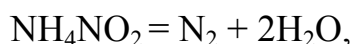
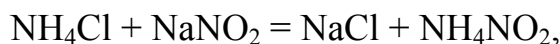
Визначимо кількість речовини азоту.

$$V_{\text{м'яча}} = \frac{4}{3} \pi r^3 = 0,1398 \text{ (л)}, \quad V_{\text{N}_2} = 0,13985 \cdot \frac{0,2}{1,2} = 0,02331 \text{ (л)}, \quad \text{звідки}$$

$$n_{\text{N}_2} = \frac{V_{\text{N}_2}}{V_M} = \frac{0,02331}{22,4} = 0,00104 \text{ (моль)}.$$



Дивлячись на рівняння реакції, можна зробити висновок, що до аніона солі Б входить один атом нітрогену. Тоді на інші, окрім Na та N, елементи у складі Б залишається: $69 - n \cdot 23 - 14$ (г/моль). При $n = 1$ це складає 32 г/моль (два атоми оксигену), при $n > 1$ розв'язків немає. Отже, сіль **Б** – **NaNO₂**.



3. Це пов'язано з тим, що газ може потрохи дифундувати крізь резину. Внаслідок цього тиск у м'ячі зменшується, що погіршує його ігрові якості. На змаганнях сила ударів тенісистів ракеткою по м'ячу дуже велика, і дифузія пришвидшується.

Задача 6. Газові розрахунки

До газової суміші, що складається з карбон(II) оксиду та етилену (C₂H₄), додали 50 мл деякого газу **X** і певну кількість азоту. Кінцевий об'єм суміші склав 600 мл, а її густина за воднем – 13. Гази між собою не реагують. Експеримент виконано за н.у.

1. Яку масу має газова суміш?
2. Визначте формулу невідомого газу.
3. Де вперше було відкрито **X**?

К газовой смеси, состоящей из оксида углерода(II) и этилена (C_2H_4), добавили 50 мл некоторого газа X и определенное количество азота. Конечный объем смеси составил 600 мл, а ее плотность по водороду – 13. Газы между собой не реагируют. Эксперимент выполнен при н.у.

1. Какова масса газовой смеси?
2. Определите формулу неизвестного газа.
3. Где впервые был открыт X?

Розв'язок

1. $M_{\text{суміші}} = 26$ г/моль. Маса суміші дорівнює $(0.6 \cdot 26) / 22.4 = 0.7$ (г).

2. Відповісти на друге питання нібито неможливо, адже ми не знаємо об'ємів азоту, етилену та CO і молярну масу газу X, тобто 4 невідомих і 2 рівняння, які їх зв'язують. Але $M(CO) = M(C_2H_4) = M(N_2) = 28$ г/моль.

$$M_{\text{суміші}} = \varphi(CO) \cdot M(CO) + \varphi(C_2H_4) \cdot M(C_2H_4) + \varphi(N_2) \cdot M(N_2) + \varphi(X) \cdot M(X) = \\ = [\varphi(CO) + \varphi(C_2H_4) + \varphi(N_2)] \cdot 28 + \varphi(X) \cdot M(X)$$

де $\varphi(X)$ – об'ємна частка газу. За умовою задачі,

$$\varphi(X) = \frac{0,05}{0,6} = \frac{1}{12}, \quad \text{звідки} \quad [\varphi(CO) + \varphi(C_2H_4) + \varphi(N_2)] = 1 - \frac{1}{12} = \frac{11}{12}. \quad \text{Тепер}$$

легко знайти, що $M(X) = 4$ г/моль. Таку молекулярну масу має гелій.

3. Гелій вперше було відкрито на Сонці за допомогою спектральних методів.

9 клас

Задача 1. Лужні метали

Лужні метали (M) дуже активно реагують з низкою простих речовин Y_n , утворюючи, переважно, єдиний продукт взаємодії (M_aY_b), який дуже легко реагує з водою, утворюючи розчин індивідуальної сполуки Z та деякий газ F .

1. Запишіть рівняння реакції утворення M_aY_b з металу та простої речовини у загальному виді.

2. Наведіть приклади речовин, які б відповідали умові задачі. Запишіть рівняння відповідних реакцій.

3. Які прості речовини прореагували з 0.1 г натрію, якщо утворилось:

а) 0.1087 г, б) 0.378 г, в) 0.145 г продукту реакції?

Запишіть рівняння відповідних реакцій.

Лужні метали мають властивість утворювати інтерметалічні сполуки (X_nY_z , де X та Y – лужні метали). Деяку речовину R , що складається з натрію та калію, масою 1.000 г спалили у кисні. Маса утвореної суміші продуктів склала 1.792 г.

4. Яка формула R ?

Щелочные металлы (M) очень активно реагируют с рядом простых веществ Y_n , образуя, в основном, единственный продукт взаимодействия (M_aY_b), который очень легко реагирует с водой, образуя раствор индивидуального соединения Z и некоторый газ F .

1. Напишите уравнения реакции образования M_aY_b из металла и простого вещества в общем виде.

2. Приведите примеры веществ, которые бы отвечали условию задачи. Напишите уравнения соответствующих реакций.

3. Какие простые вещества прореагировали с 0.1 г натрия, если образовалось:

а) 0.1087 г, б) 0.378 г, в) 0.145 г продукта реакції?

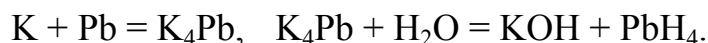
Напишіть уравнения соответствующих реакций.

Щелочные металлы имеют свойство образовывать интерметаллические соединения (X_nY_z , где X и Y – щелочные металлы). Некоторое вещество R , состоящее из натрия и калия, массой 1.000 г сожгли в кислороде. Масса образовавшейся смеси продуктов составила 1.792 г.

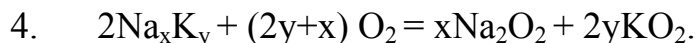
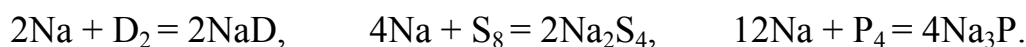
4. Какова формула R ?

Розв'язок

$$1. (an)M + bY_n = nM_aY_b.$$



3. а) D_2 , б) S_8 , в) P_4 .



Маса кисню, що вступив у реакцію, дорівнює $1.792 - 1 = 0.792$ (г), тому

$$1/(2 \cdot (23x + 39y)) = 0.792 / ((2y + x) \cdot 32),$$

$y = 2x$, формула інтерметаліду NaK_2 .

Задача 2. Корисне скло

Колись жив на світі бідний Хімік. Щоб заробити на життя, він вирішив виготовляти на продаж скляний посуд. Хімік взяв 190.08 г суміші трьох карбонатів (мольне відношення 1:2:1) та 345.6 г чистого піску, помістив їх у глиняний посуд та нагрів до високої температури. Під час проходження процесу скловаріння до Хіміка підійшла дружина і сказала: «Ти весь час сидиш у лабораторії! А який з цього прибуток? Ти навіть не можеш купити мені нової сукні! Я йду від тебе!». І кинула золоту обручку в глиняний посуд...

З утвореного скла (маса $m = 454.0$ г, густина $\rho = 4.00$ г/см³, не містить карбону) Хімік виробив посуд та продав його. Через деякий час до нього прийшли покупці з подякою та новим замовленням, адже цей посуд був дуже красивий. Зрозумівши причину цього явища, аптекар почав виробляти посуд за новою методикою. Невдовзі він розбагатів, дружина повернулася додому і жили вони довго і щасливо.

1. Враховуючи, що золото в склі знаходиться в металічному стані, розрахуйте масу обручки, якщо в 1 мм³ утвореного скла знаходилось $7.54 \cdot 10^{16}$ атомів золота.
2. Скло складається з оксидів. Визначте ці оксиди та їхні мольні співвідношення в утвореному склі, якщо відомо, що вихідні компоненти повністю прореагували, один з карбонатів забарвлює полум'я в жовтий колір, а мольні співвідношення є цілими.
3. Завдяки низькій реакційній здатності золото здавна вважали благородним металом, Але в деякі хімічні перетворення золото все ж вступає. Напишіть реакцію розчинення золота в «царській водці» (суміші азотної і хлоридної кислот) та реакцію, що відбувається при сплавленні золота з нітратом натрію. В обох реакціях золото окиснюється до ступеню +3.

Когда-то жил на свете бедный Химик. Чтобы заработать на жизнь, он решил изготавливать на продажу стеклянную посуду. Химик взял 190.08 г смеси трёх карбонатов (мольное соотношение 1:2:1) и 345.6 г чистого песка, поместил их в глиняный сосуд и нагрел до высокой температуры. Во время прохождения процесса стекловарения к нему подошла жена и сказала: «Ты всё время сидишь в лаборатории! А какая от этого прибыль? Ты даже не можешь купить мне нового платья! Я уйду от тебя!» И бросила золотое обручальное кольцо в глиняный сосуд...

Из полученного стекла (масса $m = 454.0$ г, плотность $\rho = 4.0$ г/см³, не содержит углерода) Химик изготовил посуду и продал её. Через некоторое время к нему пришли покупатели с благодарностью и новыми заказами, ведь

посуда оказалась очень красивой. Разобравшись в причине этого, Химик начал изготавливать посуду по новой методике. Вскоре он разбогател, жена вернулась домой, и жили они долго и счастливо.

1. Учитывая, что золото в стекле находилось в металлическом состоянии, рассчитайте массу обручального кольца, если в 1 мм^3 образовавшегося стекла содержалось $7.54 \cdot 10^{16}$ атомов золота.
2. Стекло состоит из оксидов. Определите эти оксиды и их мольные соотношения в образовавшемся стекле, если известно, что исходные компоненты прореагировали полностью, один из карбонатов окрашивает пламя в жёлтый цвет, а мольные соотношения являются целыми числами.
3. Из-за низкой реакционной способности золото издревле считали благородным металлом. Но в некоторые химические превращения оно всё же вступает. Напишите реакцию растворения золота в «царской водке» (смеси азотной и соляной кислот) и реакцию, происходящую при золоте сплавлении с нитратом натрия. В обеих реакциях золото окисляется до степени +3.

Розв'язок

1. Об'єм скла $V = \frac{m}{\rho} = \frac{454}{4} = 113,5 \text{ см}^3 = 113,5 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$, маса золота

$$m_{\text{Au}} = M_{\text{Au}} \cdot n_{\text{Au}} = M_{\text{Au}} \cdot \frac{N_{\text{Au}}}{N_{\text{A}}} = 197 \cdot \frac{113,5 \cdot 10^3 \cdot 7,54 \cdot 10^{16}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 2,8 \text{ г.}$$

2. Отже, маса скла без золота є 451,2 г. Скло не містить карбону, тобто SiO_2 замінив увесь CO_2 . Скло є сумішшю оксидів трьох металів та SiO_2 . За умовою маса SiO_2 складає 345,6 г, тоді маса оксидів металів $m_{\text{оксиди}} = 451,2 - 345,6 = 105,6 \text{ (г)}$, а маса карбонатів – 190,08 г. Можна за законом еквівалентів знайти

середню молярну масу еквівалентів металів (x): $\frac{190,08}{105,6} = \frac{x+30}{x+8} \Rightarrow x = 19,5$ г/моль,

$$x = \frac{2a+b+c}{4} \Rightarrow 2a+b+c = 78 \text{ г/моль, де } a, b, c - \text{ молярні маси еквіваленти металів.}$$

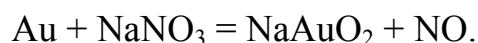
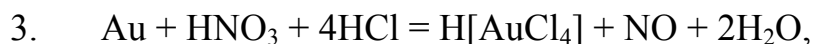
В початковій суміші знаходився натрій карбонат. Якщо припустити, що a – молярна маса еквівалентів натрію, то $b + c = 32$ г/моль, а якщо молярна маса еквівалентів натрію – це b , то $2a + c = 45$ г/моль.

Молярні маси еквівалентів (г/моль) можливих металів такі:

| | | | | | |
|----|----|----|-----|----|------|
| Li | 7 | Be | 4,5 | Al | 9 |
| Na | 23 | Mg | 12 | Ga | 23,3 |
| K | 39 | Ca | 20 | | |

Єдина можлива пара – кальцій та магній, сума молярних мас еквівалентів яких складає 32 г/моль. Для суми 45 г/моль жодного розв'язку не існує.

Отже, до суміші входили натрій карбонат, магній карбонат, кальцій карбонат у мольному співвідношенні 2:1:1, а склад скла – $2\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 12\text{SiO}_2$.



Задача 3. Мінерал

Деякий мінерал **М** складається з трьох елементів: натрію, флуору і тривалентного металу **Х**, причому масова частка флуору $w(\text{F}) = 54.29\%$. Мінерал є важливим для добування металу **Х**. Оскільки родовища мінералу **М** зустрічаються дуже рідко, його добувають штучно: взаємодією гідроксиду металу **Х** (сполука **А**) з надлишком плавикової (флуоридної) кислоти отримують розчин кислоти **В**, при нейтралізації якого содою випадає осад **М**.

Якщо сполуку **А** нагрівати, то утвориться бінарні сполуки **С** та **Д** (масова частка водню $w(\text{H}) = 11.11\%$). При дії на сполуку **С** при температурі 450°C

бінарною флуоровмісною сполукою **F** (масова частка флуору $w(\text{F}) = 83.82\%$) утворюються малорозчинна у воді бінарна сіль **E** та тернарний газ **G** (густина за гелієм за вказаної температури дорівнює 34.5, а з підвищенням температури знижується). Якщо сполуку **E** сплавляти з флуоридом натрію у певному мольному співвідношенні, то утвориться **M**.

1. Розшифруйте всі сполуки, позначені літерами.
2. Напишіть рівняння всіх згаданих реакцій.
3. У якому мольному співвідношенні треба сплавляти сполуку **E** з натрій флуоридом для того, щоб отримати **M**?
4. Яку роль виконує мінерал **M** у добуванні металу **X**?
5. Мінерал **M** плавиться при 1012°C і є електролітом. Запишіть рівняння основних процесів, що відбуваються в розплаві **M**.
6. Зобразіть просторову будову аніона кислоти **B**, молекул **F** та **G** (остання є циклічною).
7. Поясніть, чому з підвищенням температури густина за гелієм газу **G** зменшується.

При розрахунках використовуйте значення атомних мас елементів, округлені до цілих чисел.

Некоторый минерал **M** состоит из трех элементов: натрия, фтора и трехвалентного металла **X**, причем массовая доля фтора $w(\text{F}) = 54.29\%$. Минерал важен для получения металла **X**. Поскольку месторождения минерала **M** встречаются очень редко, его получают искусственно: взаимодействием гидроксида металла **X** (соединение **A**) с избытком плавиковой (фторидной) кислоты получают раствор кислоты **B**, при нейтрализации которого содой выпадает осадок **M**.

Если соединение **A** нагревать, то образуются бинарные соединения **C** и **D** (массовая доля водорода $w(\text{H}) = 11.11\%$). При действии на соединение **C** бинарного фторсодержащего соединения **F** (массовая доля фтора $w(\text{F}) =$

83.82%) образуется малорастворимая в воде бинарная соль **E** и газ **G**, состоящий из трех элементов, (плотность по гелию при указанной температуре равна 34.5, а с повышением температуры снижается). Если соединение **E** сплавлять с фторидом натрия в некотором мольном соотношении, то образуется **M**.

1. Расшифруйте все соединения, обозначенные буквами.
2. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.
3. В каком мольном соотношении нужно сплавлять соединение **E** с фторидом натрия, чтобы получить **M**?
4. Какую роль играет минерал **M** в получении металла **X**?
5. Минерал **M** плавится при 1012°C и является электролитом. Запишите уравнения основных процессов, происходящих в расплаве **M**.
6. Изобразите пространственное строение аниона кислоты **B**, молекул **F** и **G** (последняя является циклической).
7. Объясните, почему с повышением температуры плотность по гелию газа **G** уменьшается.

При расчетах используйте значения атомных масс элементов, округленные до целых чисел.

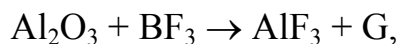
Розв'язок

1. За масовою часткою гідрогену знаходимо, що сполука **D** – H_2O , за масовою часткою флуору в сполуці **F** знаходимо, що **F** – це BF_3 . Сполука **A** – нерозчинний гідроксид металу **X**. При розкладі **A** утворюються вода та оксид **X** (сполука **C**). Оскільки **M** (містить Na, F, X) утворюється з NaF та **E**, то можна зробити висновок, що **E** – це флуорид **X** (XF_3). Катіони тривалентних металів (до яких належить і **X**) утворюють з іонами F^- аніони складу XF_4^- , XF_5^{2-} та XF_6^{3-} , тобто мінерал **M** має формулу $\text{Na}_a[\text{XF}_{(a+3)}]$, де $a = 1, 2$ або 3 . За масовою часткою флуору розраховуємо можливі молярні маси: $M(\text{NaXF}_4) = 139$ г/моль, що відповідає **X** = Ca (але кальцій не є тривалентним металом); $M(\text{Na}_2\text{XF}_5) = 175$

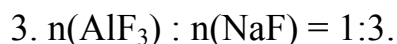
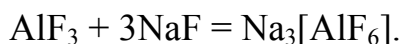
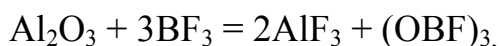
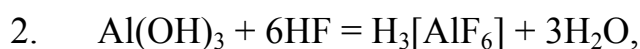
г/моль, що відповідає $X = S$ або Cl (але сульфур та хлор не є металами);
 $M(Na_3XF_6) = 210$ г/моль, що відповідає $X = Al$.

Отже, **A** – $Al(OH)_3$, **B** – $H_3[AlF_6]$, **C** – Al_2O_3 , **D** – H_2O , **E** – AlF_3 , **M** – $Na_3[AlF_6]$ (кріоліт).

Відповідно до умови задачі, за реакцією



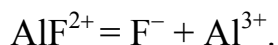
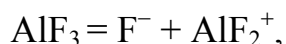
утворюється сполука **G**, що містить бор, кисень та флуор. Її молярна маса $M(G) \approx 138$ г/моль, що відповідає складу $G = (OBF)_3$.



4. Алюміній добувають електролізом розчину Al_2O_3 в кріоліті при температурі близько $1000^\circ C$ (Al_2O_3 плавиться при $\sim 2000^\circ C$).



також частково відбувається подальша дисоціація іона AlF_4^- :



6. Аніон AlF_6^- має форму октаедру, молекула BF_3 плоска трикутна.

7. З підвищенням температури оксофторид бору $(OBF)_3$ дисоціює з утворенням мономеру.

Задача 4. Приготуй розчин

Вам належить приготувати 1 л води, яка імітує воду деякого природного джерела і містить йони Ca^{2+} (концентрація цих іонів 80 мг/л), Mg^{2+} (24 мг/л), Na^+ (4,6 мг/л), HCO_3^- (305 мг/л) і SO_4^{2-} (57,6 мг/л).

Які солі вам знадобляться для цього? Обчисліть масу кожної з них.

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

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

Вам необхідно приготувати 1 л води, которая имитирует воду некоторого природного источника и содержит ионы Ca^{2+} (концентрация этих ионов 80 мг/л), Mg^{2+} (24 мг/л), Na^+ (4,6 мг/л), HCO_3^- (305 мг/л) и SO_4^{2-} (57,6 мг/л).

Какие соли вам понадобятся для этого? Рассчитайте массу каждой из них. Будете ли проводить химические реакции? Если да, то какие? Опишите ход выполнения задания.

Учтите, что гидрокарбонаты кальция и магния в твердом состоянии не существуют.

Розв'язок

В об'ємі дистильованої води, меншому за 1 л, потрібно розчинити 0,0142 г (0,1 ммоль) Na_2SO_4 , 0,06 г (0,5 ммоль) MgSO_4 , додати 0,042 г (0,5 ммоль) MgCO_3 , 0,2 г (2 ммоль) CaCO_3 , пропустити вуглекислий газ до «розчинення» карбонатів магнію і кальцію (перетворення їх на кислі солі), а потім довести дистильованою водою об'єм добутого розчину до 1 л.

Задача 5. Хімічний чайнворд

1. Назви мінералів мають закінчення «...ит» чи «...іт». Знайдіть назви мінералів в «хімічному чайнворді» (в дужках вказана кількість літер в назві мінералу).

Мінерали: мангану оксид (9), феруму карбонат (7), мідний колчедан (11), червоний залізняк (7), слюда алюмінієва (8), барію сульфат (5), залізний колчедан (5), магнію хлорид (7), залізна окалина (8).

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| г | е | т | і | п | ь | л |
| а | м | и | р | о | к | а |
| т | и | т | м | т | и | х |
| м | у | с | а | е | т | б |
| в | о | к | г | н | ш | і |
| і | п | і | р | б | о | ф |
| т | ю | л | о | а | р | і |
| и | з | р | и | т | и | т |
| т | б | е | т | о | т | и |
| с | и | д | р | п | і | р |

2. Наведіть формули даних мінералів та розрахуйте масові частки металів у мінералі.

3. З літер, що залишаться, складіть назву хімічного елемента та вкажіть мінерали (не більше трьох), в яких він зустрічається у природі.

Розв'язок

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| г | е | т | і | п | ь | л |
| а | м | и | р | о | к | а |
| т | и | т | м | т | и | х |
| м | у | с | а | е | т | б |
| в | о | к | г | н | ш | і |
| і | п | і | р | б | о | ф |
| т | ю | л | о | а | р | і |
| и | з | р | и | т | ц | т |
| т | б | е | т | о | т | и |
| с | и | д | р | ц | і | р |

Мангану оксид – піролюзит; MnO_2 , $w(Mn)=63.22\%$.

Феруму карбонат – сидерит; $FeCO_3$, $w(Fe)=48.28\%$.

Мідний колчедан – халькопірит; $CuFeS_2$, $w(Cu)=34.78\%$, $w(Fe)=30.43\%$.

Червоний залізняк – гематит; Fe_2O_3 , $w(Fe)=70\%$.

Слюда алюмінієва – мусковіт; $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$, $w(Al)=20.35\%$.

Барію сульфат – барит; $BaSO_4$, $w(Ba)=58.8\%$.

Залізний колчедан – пірит; FeS_2 , $w(Fe)=46.67\%$.

Магнію хлорид – бішофіт; $MgCl_2$, $w(Mg)=25.26\%$.

Залізна окалина – магнетит; Fe_3O_4 , $w(Fe)=72.4\%$.

З літер, що залишилися, можна скласти назву „БОР”. Бор зустрічається у природі у таких мінералах: сасолін – H_3BO_3 , бура – $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, колеманіт – $Ca_2B_4O_{11} \cdot 5H_2O$, пандермід – $CaB_4O_7 \cdot 3H_2O$.

Задача 6. Жовтий розчин

Водний розчин солі (хлориду) **X** жовтуватого кольору. При додаванні до нього розчину K_2SO_4 видимих змін не спостерігають. Якщо насичений розчин **X** краплинами доливати до киплячої дистильованої води, то можна спостерігати утворення темно-вишневого розчину. Якщо ж отриманий розчин охолодити до кімнатної температури і додати розчин K_2SO_4 , то це призводить до випадання осаду бурого кольору.

1. Визначте невідому речовину **X** (масова частка хлору 65,57%).
2. Поясніть явища, що спостерігалися.
3. Де застосовується сіль **X**?

Водный раствор соли (хлорида) **X** желтоватого цвета. При добавлении к нему раствора K_2SO_4 видимых изменений не наблюдается. Если насыщенный раствор **X** по каплям добавлять к кипящей дистиллированной воде, то можно наблюдать образование темно-вишневого раствора. Если же полученный раствор охладить до комнатной температуры и добавить раствор K_2SO_4 , то это приводит к выпадению осадка бурого цвета.

1. Определите неизвестное вещество **X** (массовая доля хлора 65,57%).
2. Объясните наблюдавшиеся явления.
3. Где применяют соль **X**?

Розв'язок

1. **X** – $FeCl_3$.

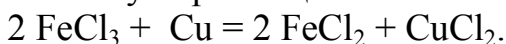
2. Жовтуватий колір водного розчину є наслідком гідролізу іонів $Fe(III)$.

Взаємодія між $FeCl_3$ та K_2SO_4 не відбувається – умов для перебігу реакцій іонного обміну немає. При додаванні розчину $FeCl_3$ до киплячої води гідроліз посилюється (підвищення температури і розведення розчину) і утворюється колоїдний розчин $Fe(OH)_3$ темно-вишневого кольору. Можлива будова колоїдної частинки:



Додавання розчину K_2SO_4 до колоїдного розчину призводить до коагуляції останнього (укрупнення колоїдних частинок). Причина – позитивний заряд колоїдних частинок частково компенсується аніонами електроліту. Випадає осад $Fe(OH)_3$.

3. Одна з областей використання – травлення мідних платівок в гальванічному виробництві:



Задача 7. Властивості купруму

Для купруму у сполуках найхарактернішим є ступінь окиснення +2, а сполук купруму(I) існує небагато.

1. Наведіть по одному прикладу реакцій за участю CuSO_4 (розчин), в результаті яких утворюються нерозчинні а) CuCl і б) CuI .
2. Для того щоб CuCl і CuI добре зберігалися, добуті осади потрібно швидко і ретельно висушити. За наявності вологи ці солі, контактуючи з повітрям, поступово перетворюються на сполуки купруму(II). Складіть по одному відповідному хімічному рівнянню і поясніть відміну між перетвореннями CuCl і CuI .

Для меди в соединениях наиболее характерна степень окисления +2, а соединений меди(I) существует немного.

1. Приведите по одному примеру реакций с участием CuSO_4 (раствор), в результате которых образуются нерастворимые а) CuCl и б) CuI .
2. Для того чтобы CuCl и CuI хорошо сохранялись, полученные осадки следует быстро и тщательно высушить. В присутствии влаги эти соли, контактируя с воздухом, постепенно превращаются в соединения меди(II). Составьте по одному соответствующему химическому уравнению и объясните отличие превращений CuCl и CuI .

Розв'язок

1.
$$2\text{CuSO}_4 + 2\text{NaCl} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{CuCl}\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4,$$
$$2\text{CuSO}_4 + 2\text{KI} = 2\text{CuI}\downarrow + \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4.$$
2.
$$4\text{CuCl} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{CuOHCl},$$
$$2\text{CuI} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{I}_2.$$

Сіль CuOHCl , подібно до CuI_2 , не існує через окисно-відновну взаємодію $\text{Cu}(\text{II})$ і I .

10 клас

Задача 1. Кислотні дощі

Викиди, що утворюються при роботі паливних електростанцій, є однією з головних причин виникнення кислотних дощів. Одним з найсильніших забруднювачів атмосфери є діоксид сульфуру SO_2 , який, розчиняючись в атмосферній волозі, утворює гідрат, а потім окиснюється до триоксиду сульфуру SO_3 .

1. Поясніть, чому головним шляхом утворення сульфатної кислоти в атмосфері є окиснення діоксиду сульфуру озоном O_3 , а не киснем повітря O_2 ?

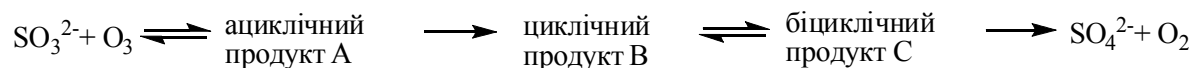
Залежно від рН окиснюються різні форми S(IV):

$$\text{H}_n\text{SO}_3^{(n-2)} + \text{O}_3 \longrightarrow n\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{O}_2, \text{ де } n = 0, 1, 2.$$

$$pK_{a1}(\text{SO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1,89; pK_2(\text{SO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 7,22.$$

2. Напишіть вирази для швидкостей (v_1, v_2, v_3) окиснення різних форм S(IV) через концентрації реагуючих речовин ($\text{SO}_{2(aq)}$ та $\text{O}_{3(aq)}$), якщо кінетичні рівняння збігаються зі стехіометричними. Яка форма діоксиду сульфуру і який процес будуть переважати за даних умов ($k_1 = 2.4 \cdot 10^4$ ($n = 2$); $k_2 = 3.7 \cdot 10^5$ ($n = 1$); $k_3 = 1.5 \cdot 10^9$ ($n = 0$) л/моль·с⁻¹)? Прийміть, що рН атмосферної вологи становить 5.5.

Для процесу окиснення SO_3^{2-} запропоновано такий механізм:



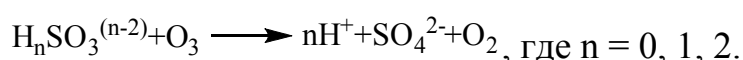
3. Зобразіть структурні формули продуктів А–С, якщо експеримент з озоном, міченим нуклідом ^{18}O , показав, що два атоми кисню з молекули озону переходять у SO_4^{2-} .

Выбросы, образующиеся при работе топливных электростанций, являются одной из главных причин возникновения кислотных дождей. Одним

из сильнейших загрязнителей атмосферы является диоксид серы SO_2 , который, растворяясь в атмосферной влаге, образует гидрат, а затем окисляется до триоксида серы SO_3 .

1. Объясните, почему основным путем образования серной кислоты в атмосфере является окисление диоксида серы озоном O_3 , а не кислородом воздуха O_2 ?

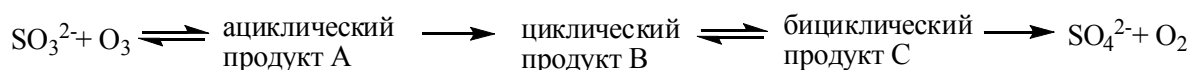
В зависимости от pH окислению подвергаются различные формы S(IV):



$$pK_{a1}(\text{SO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1,89; pK_2(\text{SO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 7,22.$$

2. Напишите выражения для скоростей (v_1, v_2, v_3) окисления различных форм S(IV) через концентрации реагирующих веществ ($\text{SO}_{2(\text{aq})}$ и $\text{O}_{3(\text{aq})}$), если кинетические уравнения совпадают со стехиометрическими. Какая форма диоксида серы и какой процесс будут преобладать в данных условиях ($k_1 = 2.4 \cdot 10^4$ ($n = 2$); $k_2 = 3.7 \cdot 10^5$ ($n = 1$); $k_3 = 1.5 \cdot 10^9$ ($n = 0$) л/моль·с⁻¹)? Примите pH атмосферной влаги равным 5.5.

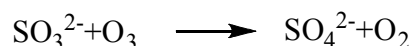
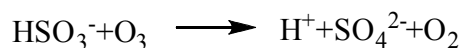
Для процесса окисления SO_3^{2-} предложен следующий механизм:



3. Изобразите структурные формулы продуктов А–С, если эксперимент с озоном, меченым нуклидом ^{18}O , показал, что два атома кислорода из молекулы озона переходят в SO_4^{2-} .

Розв'язок

1. Не зважаючи на те, що концентрація озону в атмосфері набагато менше, ніж кисню, озон краще розчиняється у воді, ніж кисень; реакційна здатність озону набагато вище, ніж кисню.
2. Кожна з форм SO_2 окиснюється озоном за незалежними механізмами:



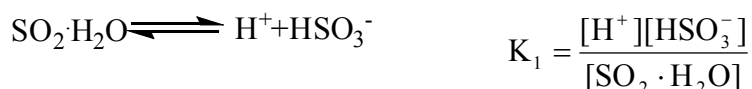
$$v_1 = -\frac{d[\text{SO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]}{dt} = k_1[\text{SO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}][\text{O}_3] = k_1\alpha_1[\text{SO}_{2(\text{aq})}][\text{O}_3]$$

$$v_2 = -\frac{d[\text{HSO}_3^-]}{dt} = k_2[\text{HSO}_3^-][\text{O}_3] = k_2\alpha_2[\text{SO}_{2(\text{aq})}][\text{O}_3]$$

$$v_3 = -\frac{d[\text{SO}_3^{2-}]}{dt} = k_3[\text{SO}_3^{2-}][\text{O}_3] = k_3\alpha_3[\text{SO}_{2(\text{aq})}][\text{O}_3]$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$$

SO_2 існує в атмосферній волозі в таких формах:



Матеріальний баланс за SO_2 :

$$[\text{SO}_{2(\text{aq})}] = [\text{SO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}] + [\text{HSO}_3^-] + [\text{SO}_3^{2-}]$$

$$[\text{SO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}] = \alpha_1[\text{SO}_{2(\text{aq})}]$$

$$\alpha_1 = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{H}^+]^2 + K_1[\text{H}^+] + K_1K_2} = \frac{(10^{-5,5})^2}{(10^{-5,5})^2 + 10^{-5,5} \cdot 10^{-1,89} + 10^{-1,89} \cdot 10^{-7,22}} = 2,42 \cdot 10^{-4}$$

$$[\text{HSO}_3^-] = \alpha_2[\text{SO}_{2(\text{aq})}]$$

$$\alpha_2 = \frac{K_1[\text{H}^+]}{[\text{H}^+]^2 + K_1[\text{H}^+] + K_1K_2} = \frac{10^{-5,5} \cdot 10^{-1,89}}{(10^{-5,5})^2 + 10^{-5,5} \cdot 10^{-1,89} + 10^{-1,89} \cdot 10^{-7,22}} = 9,83 \cdot 10^{-1}$$

$$[\text{SO}_3^{2-}] = \alpha_3[\text{SO}_{2(\text{aq})}]$$

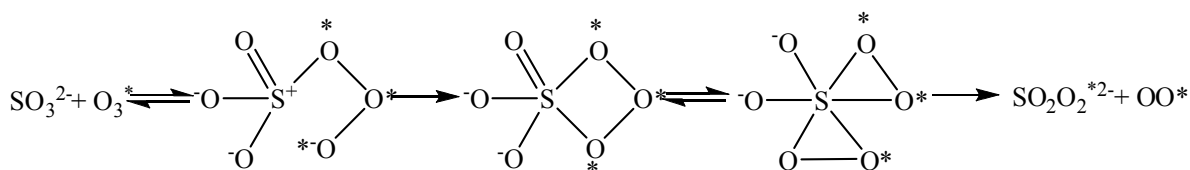
$$\alpha_3 = \frac{K_1K_2}{[\text{H}^+]^2 + K_1[\text{H}^+] + K_1K_2} = \frac{10^{-1,89} \cdot 10^{-7,22}}{(10^{-5,5})^2 + 10^{-5,5} \cdot 10^{-1,89} + 10^{-1,89} \cdot 10^{-7,22}} = 1,87 \cdot 10^{-2}$$

При $\text{pH}=5,5$ домінує $[\text{HSO}_3^-]$.

$$v_1 : v_2 : v_3 = k_1\alpha_1 : k_2\alpha_2 : k_3\alpha_3 = (2,4 \cdot 10^4 \cdot 2,42 \cdot 10^{-4}) : (3,7 \cdot 10^5 \cdot 9,83 \cdot 10^{-1}) : (1,5 \cdot 10^9 \cdot 1,87 \cdot 10^{-2}) = 5,81 : 3,64 \cdot 10^5 : 2,81 \cdot 10^7$$

Переважає відбувається процес окиснення SO_3^{2-} .

3.



Задача 2. Цікавий гідроліз

Метал **X** масою 1.44 г сплавили у муфельному тиглі з твердим тугоплавким оксидом YO_n . При цьому утворилася гомогенна суміш сірого кольору масою 2.34 г, що містила лише оксид металу **X** та продукт складу YX_n , причому речовини прореагували повністю. При дії на утворений сплав водного розчину лугу виділяється лише одна газувата за н.у. речовина A_1 . Якщо ж на сплав діяти розведеною (10–15%-ю) хлоридною кислотою, то серед продуктів реакції знаходяться чотири речовини A_1 – A_4 , що належать до одного гомологічного ряду та мають однаковий якісний склад (дві з цих речовин за н.у. є газами). Масові частки елемента **Y** в цих сполуках становлять:

| Речовина | Масова частка Y, % | Речовина | Масова частка Y, % |
|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| A_1 | 87.5 | A_3 | 91.3 |
| A_2 | 90.3 | A_4 | 91.8 |

Речовини A_1 – A_4 дуже легко спалахують на повітрі, активно реагують з водою, галогенами та оксидами малоактивних металів.

1. Розшифруйте елементи **X**, **Y** та речовини A_1 – A_4 , якщо відомо, що ці сполуки є бінарними.

2. Порівняйте гідроліз сполуки A_1 у кислому та у лужному середовищі. Чому в кислому середовищі утворюються декілька продуктів?

3. На прикладі речовини A_2 опишіть хімічні властивості цього класу сполук, підтвердивши їх рівняннями хімічних реакцій, згаданих у задачі.
4. Якими є геометрична будова та стан гібридизації центрального атома в сполуках A_3 та A_4 ?
5. Якою є загальна формула гомологічного ряду для сполук $A_1 - A_4$?

Металл X массой 1.44 г сплавили в муфельном тигле с твердым тугоплавким оксидом YO_n . При этом образовалась гомогенная смесь серого цвета массой 2.34 г, которая содержала лишь оксид металла X и продукт состава YX_n , причем вещества прореагировали полностью. При действии на образовавшийся сплав водного раствора щелочи выделяется единственное газообразное при н.у. вещество A_1 . Если же на сплав действовать разбавленной (10–15%-ной) соляной кислотой, то среди продуктов реакции находятся четыре вещества A_1 – A_4 , принадлежащие к одному гомологическому ряду и имеющие одинаковый качественный состав (два из этих веществ при н.у. являются газами). Массовые доли элемента Y в этих соединениях составляют:

| Вещество | Массовая доля Y , % | Вещество | Массовая доля Y , % |
|----------|--------------------------|----------|--------------------------|
| A_1 | 87.5 | A_3 | 91.3 |
| A_2 | 90.3 | A_4 | 91.8 |

Вещества A_1 – A_4 очень легко загораются на воздухе, активно реагируют с водой, галогенами и оксидами малоактивных металлов.

1. Расшифруйте элементы X , Y и вещества A_1 – A_4 , если известно, что эти соединения бинарные.

2. Сравните гидролиз соединения A_1 в кислой и в щелочной среде. Почему в кислой среде образуются несколько продуктов?

3. На приємере вєщества A_2 опишите химические свойства этого класса соединений, подтвердив их уравнениями химических реакций, упомянутых в задаче.

4. Каковы геометрическое строение и состояние гибридизации центрального атома в соединениях A_3 и A_4 ?

5. Какова общая формула гомологического ряда для соединений A_1 – A_4 ?

Розв'язок

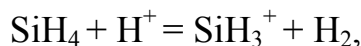
1. Високий вміст Y бінарних сполук вказує, на те що A_1 – A_4 – це сполуки Гідрогену. Найменший вміст Y відповідає сполуці YH_x :

$M(Y)/(M(Y)+x) = 0.875$, $M(Y) = 7x$, єдиний розумний варіант – Y – це Силіцій. Бінарні сполуки будуть мати формули :

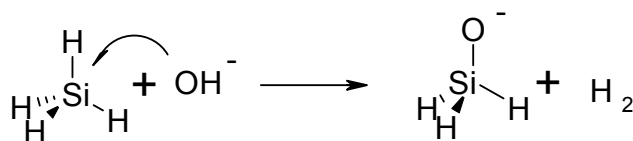
| Сполука | Формула | Сполука | Формула |
|---------|-----------|---------|--------------|
| A_1 | SiH_4 | A_3 | Si_3H_8 |
| A_2 | Si_2H_6 | A_4 | Si_4H_{10} |

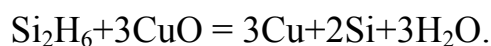
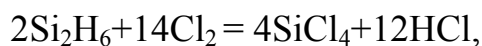
Маса SiO_2 в суміші складає $2.34 \text{ г} - 1.44 \text{ г} = 0.9 \text{ г}$ (0.015 моль). Зі стехіометрії продукту впливає, що X – двовалентний метал, тому на відновлення 0.015 моль SiO_2 піде 0.06 моль X . Звідси $M(X) = 1.44 \text{ г} / 0.06 \text{ моль} = 24 \text{ г/моль}$, метал X – Магній.

2. У кислому середовищі гідроліз SiH_4 каталізується іонами H^+ , що дає змогу будувати ланцюг ковалентних зв'язків $Si - Si$:

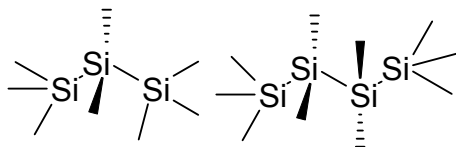


В лужному середовищі гідроліз припиняється на першій стадії завдяки стійкості зв'язку $Si - O$, що утворюється на початковій стадії гідролізу:





4. Геометрична будова:



Гібридизація усіх атомів Силіцію – sp^3 .

5. $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$.

Задача 3. Солі Жерара та Клеве

Солі Жерара та Клеве мають однаковий якісний та кількісний склад. Обидві солі ярко-жовтого кольору і погано розчиняються у воді. При нагріванні солі Клеве утворюється сіль Жерара. Сіль Жерара отримують хлоруванням *транс*-ізомеру солі **A** (масова частка $w(\text{Cl}) = 23,67\%$). Сіль Клеве отримують взаємодією кислоти **B** з концентрованим розчином аміаку. В свою чергу, кислоту **B** можна отримати при електролізі концентрованого розчину хлоридної кислоти, використовуючи як анод метал **X**, причому масова частка **X** в кислоті **B** складає 47,56%.

1. Визначте всі речовини, зашифровані в умові.
2. Наведіть рівняння всіх згаданих хімічних реакцій та процесів, які відбуваються на електродах під час електролізу.
3. Наведіть не менше трьох прикладів використання **X**.

Соли Жерара и Клеве имеют одинаковый качественный и количественный состав. Обе соли ярко-желтого цвета и плохо растворимы в воде. При нагревании соли Клеве образуется соль Жерара. Соль Жерара получают хлорированием *транс*-изомера соли **A** (массовая доля $w(\text{Cl}) = 23,67\%$). Соль Клеве получают взаимодействием кислоты **B** с концентрированным раствором аммиака. В свою очередь, кислоту **B** можно

получить при электролизе концентрированного раствора хлороводородной кислоты, используя в качестве анода металл **X**, причем массовая доля **X** в кислоте **B** составляет 47,56%.

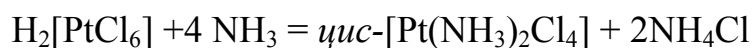
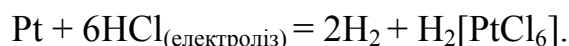
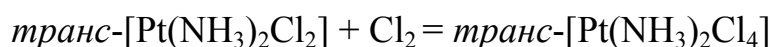
1. Определите все вещества, зашифрованные в условии.
2. Напишите уравнения всех упомянутых химических реакций и процессов, происходящих на электродах во время электролиза.
3. Приведите не менее трех примеров использования **X**.

Розв'язок

1-2. Розрахуємо молярну масу **A**: $M(A) = 35,5n / 0,2367 = 150n$, при $n = 2$ це відповідає $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$.

Розрахуємо молярну масу **B**: $M(B) = 195 / 0,4756 = 410$, що відповідає $H_2[PtCl_6]$.

Рівняння реакцій:



Сіль Жерара – *транс-* $[Pt(NH_3)_2Cl_4]$, сіль Клеве – *цис-* $[Pt(NH_3)_2Cl_4]$.

Задача 4. Непростий газ

Газ **X** об'ємом 4.928 л (н. у.) та масою 31.57 г розчинили у воді. Після цього додали стехіометричну кількість гідроксиду натрію. Потім до утвореного розчину додали надлишок аргентум нітрату. Випав осад, який складається з еквімолярної суміші трьох солей Аргентуму (**A**, **B** та **C**) загальною масою 133.46 г. Осад відфільтрували і додали до нього надлишок розведеного розчину хлоридної кислоти. Внаслідок цього маса солі **A** збільшилася, а маса солі **B** не змінилася, мольне співвідношення **A** : **B** становило 3:1. В результаті останньої реакції виділився газ **D** (за н.у. густина 1.964 г/л) об'ємом 2.825 л при 40°C та тиску 2 атм.

1. Розшифруйте всі речовини. Напишіть рівняння всіх згаданих реакцій.
2. Наведіть структурні формули молекул **X** та **D**, вкажіть стан гібридизації центральних атомів.
3. Як би ви отримали газ **X**?

Газ **X** об'ємом 4.928 л (н. у.) і масою 31.57 г розвинули в воді. Після цього прибавили стехіометричне кількість гідроксида натрія. Затеи в образованийся розвину прибавили избыток нитрата серебра. Выпал осадок, состоящий из эквимолярной смеси трех солей серебра (**A**, **B** и **C**) общей массой 133.46 г. Осадок отфильтровали и прибавили к нему избыток разбавленного раствора соляной кислоты. В результате этого масса соли **A** увеличилась, а масса соли **B** не изменилась, мольное соотношение **A** : **B** составило 3:1. В результате последней реакции выделился газ **D** (при н.у. плотность 1.964 г/л) об'ємом 2.825 л при 40°C и давлении 2 атм.

1. Расшифруйте все вещества. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.
2. Приведите структурные формулы молекул **X** и **D**, укажите состояние гибридизации центральных атомов.
3. Как бы вы получили газ **X**?

Розв'язок

Оскільки ані NaOH, ані AgNO₃, ані HCl не містять карбону, то карбон міститься лише в газі **X**. $n(\mathbf{X}) = 4.928/22.4 = 0.22$ (моль), $M(\mathbf{X}) = 143.5$ г/моль.

Для останньої реакції: $M(\mathbf{D}) = 1.964 \text{ г/л} \times 22.4 \text{ л/моль} = 44 \text{ г/моль}$. **D** – вуглекислий газ (CO₂). Отже, в осаді містився нерозчинний карбонат аргентуму, **C** – Ag₂CO₃.



$$n(\text{CO}_2) = PV/RT = 0.22 \text{ моль}.$$

Звідси знаходимо, що в осаді до обробки хлоридною кислотою

$$n(\text{Ag}_2\text{CO}_3) = n(\text{A}) = n(\text{B}) = 0.22 \text{ моль.}$$

Оскільки при обробці хлоридною кислотою збільшилася маса солі **A**, то **A** – це AgCl .

Тоді маса солі **B** $m(\text{B}) = 133.46 - 0.22 \cdot 143.25 - 0.22 \cdot 275.6 = 41.31$ (г),
молярна маса

$M(\text{B}) = 41.31 / 0.22 = 187.8$ (г/моль), сіль **B** – AgBr .

Отже, до складу **X** входять C , Cl , Br і ще, можливо, якісь елементи.

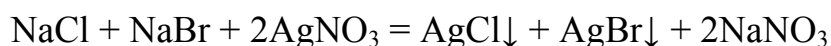
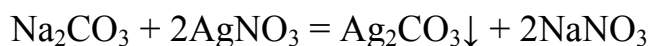
$$n(\text{Cl}) = n(\text{Br}) = n(\text{X}) = 0.22 \text{ моль,}$$

$$M(\text{X}) = 143.5 = M(\text{C}) + M(\text{Cl}) + M(\text{Br}) + M(\text{суми елементів}),$$

звідки $M(\text{суми елементів}) = 16$ г/моль, що відповідає оксигену.

Таким чином, газ **X** – це COClBr .

Рівняння реакцій: $\text{COClBr} + 4\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaCl} + \text{NaBr} + 2\text{H}_2\text{O}$



Задача 5. COD

При опроміненні 4-бромбутену-1 квантами світла утворюється суміш ізомерів **A** та **B**. Обробка утвореної суміші калій гідроксидом веде до утворення суміші ізомерів **D** та **E**, причому **D** утворюється з **A**, а **E** – з **B**. Речовина **D** при нагріванні до 168°C ізомеризується у моноциклічний вуглеводень **COD**, спектр ПМР якого при кімнатній температурі містить сигнали двох типів протонів із співвідношеннями інтегральних інтенсивностей 2:1. Надлишок вуглеводню **COD** вступає в реакцію заміщення з $\text{Rh}_2(\text{CO})_4\text{Cl}_2$, в результаті чого утворюється продукт **K** (масова частка карбону 38.96%), який не містить оксигену.

1. Визначте зашифровані речовини, наведіть їхні структурні формули, якщо відомо, що кожна зі сполук **A**, **B**, **D**, **E** містить цикл та може мати стереоізомери.

2. Наведіть структурну формулу $\text{Rh}_2(\text{CO})_4\text{Cl}_2$. Де використовується речовина **К**?
3. Наведіть механізм перегрупування **D** в **COD**.
4. Як найчастіше (наприклад, у промисловості) отримують **COD**?

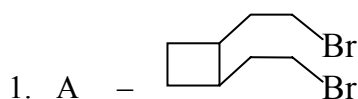
Значення відносних атомних мас елементів брати з точністю до десятих.

При облученні 4-бромбутена-1 квантами света образуется смесь изомеров **A** и **B**. Обработка полученной смеси гидроксидом калия приводит к образованию смеси изомеров **D** и **E**, причем **D** образуется из **A**, а **E** – из **B**. Вещество **D** при нагревании до 168°C изомеризуется в моноциклический углеводород **COD**, спектр ПМР которого при комнатной температуре содержит сигналы двух типов протонов с соотношениями интегральных интенсивностей 2:1. Избыток углеводорода **COD** вступает в реакцию замещения с $\text{Rh}_2(\text{CO})_4\text{Cl}_2$, в результате чего образуется продукт **К** (массовая доля углерода 38.96%), который не содержит кислорода.

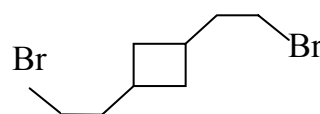
1. Определите зашифрованные вещества, приведите их структурные формулы, если известно, что каждое из веществ **A**, **B**, **D**, **E** содержит цикл и может иметь стереоизомеры.
2. Приведите структурную формулу $\text{Rh}_2(\text{CO})_4\text{Cl}_2$. Где используется вещество **К**?
3. Приведите механизм перегруппировки **D** в **COD**.
4. Как чаще всего (например, в промышленности) получают **COD**?

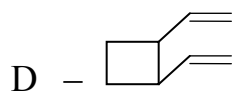
Значения относительных атомных масс элементов брать с точностью до десятих.

Розв'язок

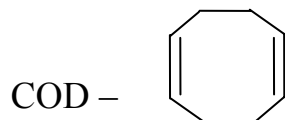
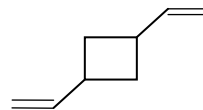


B –





E –



2. Оскільки продукт **K** не містить кисню, то логічно, що 1,5-циклооктадієн заміщує CO в молекулі $\text{Rh}_2(\text{CO})_4\text{Cl}_2$. Для того щоб визначити, скільки молекул речовини **COD** замістили 4 молекули CO з комплексу родію, проведемо необхідні розрахунки.

Заміщувалися лише молекули CO, а атоми Rh і Cl залишились незмінними, тому:

$$M(\text{K}) = 2 \times M(\text{Rh}) + 2 \times M(\text{Cl}) + X \times M(\text{COD}) .$$

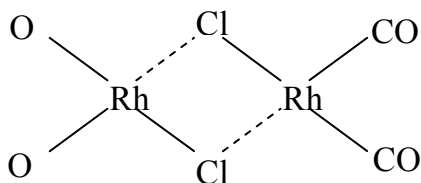
Маса карбону в речовині **K** становитиме $12.0 \times 8 \times X = 96X$, тому

$$96X / (2 \times 102.9 + 2 \times 35.5 + 108X) = 0.3896,$$

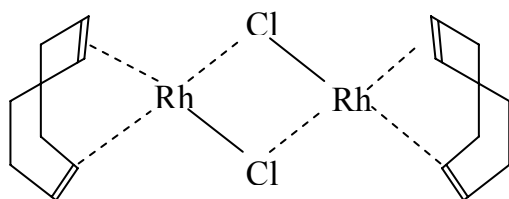
$$X = 2.$$

Тому молекулярна формула речовини **K** – $\text{Rh}_2(\text{COD})_2\text{Cl}_2$.

Структурна формула $\text{Rh}_2(\text{CO})_4\text{Cl}_2$:

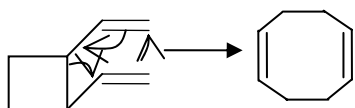


Структурна формула речовини **K**:

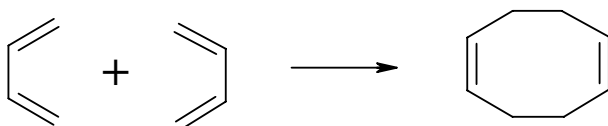


Речовина **K** використовується в металокомплексному каталізі

3. Механізм утворення D:



4.



Задача 6. Зашифровані сполуки

Бінарну сполуку **A** – безбарвний газ з різким неприємним запахом – використовують для синтезу нових солеподібних сполук, що володіють корисними властивостями. Її добувають пропусканням простої газуватої речовини **B** через 2%-й холодний водний розчин NaOH. Сполуку **B**, наприклад, можна використовувати в ядерній енергетиці для вловлювання радіоактивного ксенону. При взаємодії 200 мл (280К; 800 мм рт. ст.) газу **A** з бінарною сполукою **Г**, в якій масова частка деякого елемента дорівнює 56.22%, утворюється 1.2272 г речовини **B** і 0.2610 г речовини **Б**. При взаємодії 1 моль Хе з 2 моль сполуки **B** утворюється 2 моль O₂ і солеподібна сполука **Д**.

1. Визначте речовини **A–Д**. Напишіть рівняння згаданих реакцій, якщо відомо, що:

– до складу речовин **A–Д** входить один і той же елемент;

– молярна маса катіона в сполуці **Д** дорівнює 150 г/моль;

– катіон у сполуці **B** містить атоми лише одного хімічного елемента, широко поширеного в природі;

– сполука **B** складається з атомів трьох хімічних елементів, причому молярна маса атомів одного з них більше 100 г/моль.

2. Зобразіть просторову будову сполук **A**, **Г** та аніону в сполуці **B**, вкажіть стан гібридизації центральних атомів.

3. Наведіть рівняння реакцій речовини **Б** з: а) H_2O ; б) HNO_3 ; в) H_2SO_4 ; г) HCl , якщо відомо, що **Б** у даних процесах є окисником.

Бинарное соединение **А** – бесцветный газ с резким неприятным запахом – используют для синтеза новых солеобразных соединений, обладающих полезными свойствами. Его получают пропусканием простого газообразного вещества **Б** через 2%-й холодный водный раствор NaOH . Соединение **В**, например, можно использовать в ядерной энергетике для улавливания радиоактивного ксенона. При взаимодействии 200 мл (280 К; 800 мм рт. ст.) газа **А** с бинарным соединением **Г**, в котором массовая доля некоторого элемента равняется 56.22%, образуется 1.2272 г вещества **В** и 0.2610 г вещества **Б**. При взаимодействии 1 моль Xe с 2 моль соединения **В** образуются 2 моль O_2 и солеобразное соединение **Д**.

4. Определите вещества **А–Д**. Напишите уравнения упомянутых реакций, если известно, что:

- в состав веществ **А–Д** входит один и тот же элемент;
- молярная масса катиона в соединении **Д** равна 150 г/моль;
- катион в соединении **В** содержит атомы только одного химического элемента, широко распространённого в природе;
- соединение **В** состоит из атомов трёх химических элементов, причем атомная масса одного из них больше 100 г/моль.

2. Изобразите пространственное строение соединений **А**, **Г** и аниона в соединении **В**, укажите состояние гибридизации центральных атомов.

3. Приведите уравнения реакций вещества **Б** с: а) H_2O ; б) HNO_3 ; в) H_2SO_4 ; г) HCl , если известно, что **Б** в данных процессах является окислителем.

Розв'язок

1. За умовою завдання, газом, який є простою речовиною і здатний окиснювати H_2O , HNO_3 , H_2SO_4 та HCl може бути, лише F_2 (сполука **Б**).

При пропусканні F_2 крізь 2%-ний холодний водний розчин $NaOH$ утворюється OF_2 (сполука **A**). Взаємодію речовин **A** та **Г** можна представити схемою:



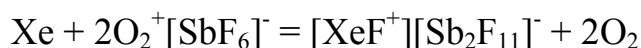
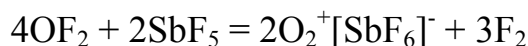
$$n(OF_2) = pV/RT = [(1,066 \cdot 10^5 \cdot 2,000 \cdot 10^{-4}) / (8,314 \cdot 280)] = 0,0092 \text{ (моль)},$$

$$n(F_2) = m/M = (0,2610/38) \text{ моль} = 0,0069 \text{ моль}.$$

Можна зробити висновок, що флуор входить до складу речовини **B**. Зрозуміло, що речовина **B** також містить кисень і ще один хімічний елемент. Отже, **Г** складається з невідомого елемента та кисню або флуору (це впливає з наведеної вище схеми). При розрахунках за масовою долею деякого елемента, єдино можливою речовиною **Г**, що задовольняє всім умовам, є SbF_5 .

За наведеною схемою розраховуємо, що брутто-формула речовини **B** – SbO_2F_6 , що відповідає речовині $O_2^+[SbF_6]^-$. Брутто-формула сполуки **Д** – $XeSb_2F_{12}$, $M(\text{катион}) = 150 \text{ г/моль}$. Отже, речовина **Д** – $[XeF^+][Sb_2F_{11}]^-$.

Рівняння реакцій:

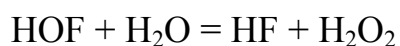


2. OF_2 – кутова форма, sp^3 -гібридизація;

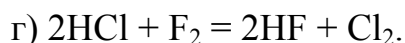
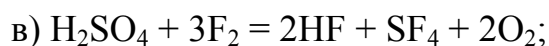
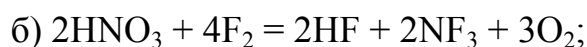
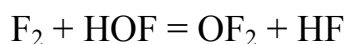
SbF_5 – тригональна біпіраміда, sp^3d – гібридизація;

$[SbF_6]^-$ – октаедр, sp^3d^2 – гібридизація.

3. а). $F_2 + H_2O = HF + HOF$; $2F_2 + 2H_2O = 4HF + O_2$, також можливе утворення H_2O_2 :



При надлишку F_2 :

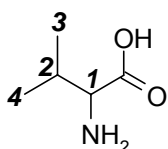


11 клас

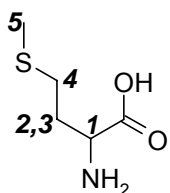
Задача 1. ^1H ЯМР спектри

Нижче наведено ^1H ЯМР спектри п'яти природних амінокислот: валіну, метіоніну, ізолейцину, лізину, лейцину. Встановіть, який із спектрів відповідає кожній з амінокислот. Проведіть також якомога повніше співвіднесення та вкажіть мультиплетність сигналів у спектрах. Для відповіді використовуйте форму, що додається.

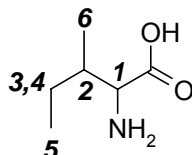
Примітка: в експериментах ЯМР як розчинник було використано дейтеровану воду, тому у спектрах не наведено сигнали розчинника та протонів, що здатні до обміну.



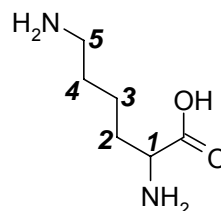
Валін



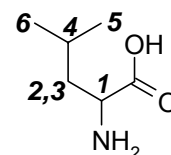
Метіонін



Ізолейцин



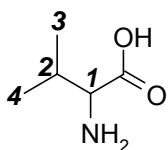
Лізін



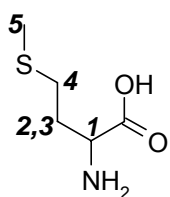
Лейцин

Нижче приведені ^1H ЯМР спектри п'яти природних амінокислот: валіна, метіоніна, ізолейцина, лізіна, лейцина. Определите какой из спектров соответствует каждой из амінокислот. Проведите наиболее полное соотношение и укажите мультиплетность сигналов в спектрах. Для ответа используйте прилагающуюся форму.

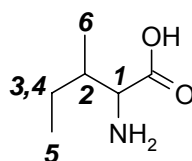
Примечание: в экспериментах ЯМР как растворитель была использована дейтерированная вода, поэтому в спектрах не приведены сигналы растворителя и протонов, способных к обмену.



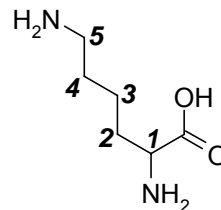
Валин



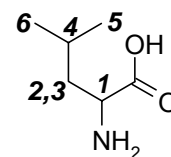
Метионин



Ізолейцин

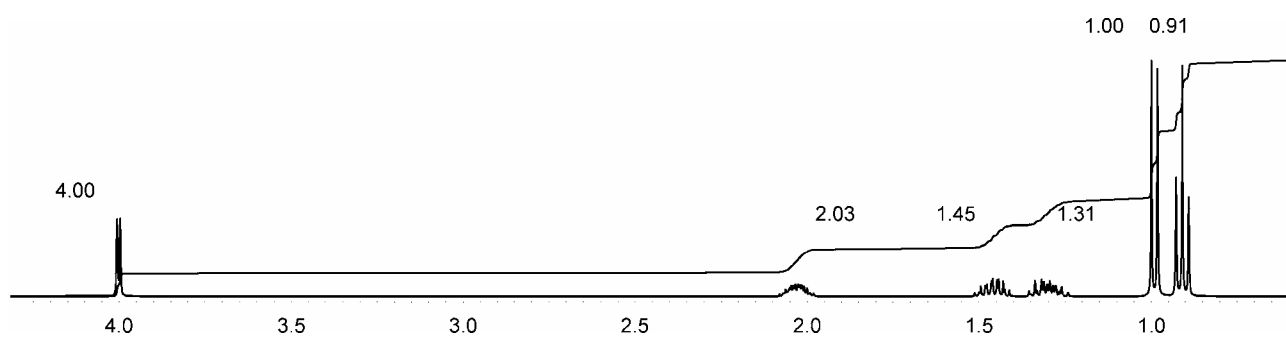


Лизин

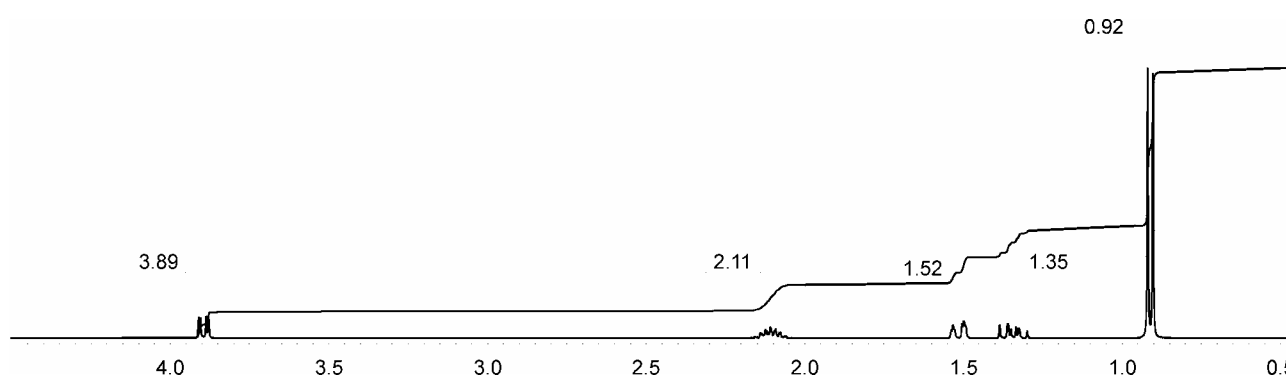


Лейцин

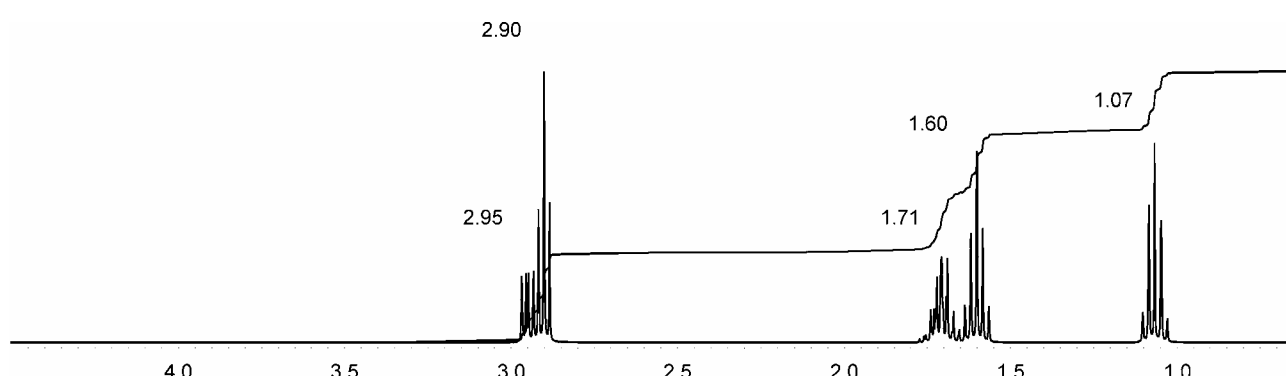
№ 1



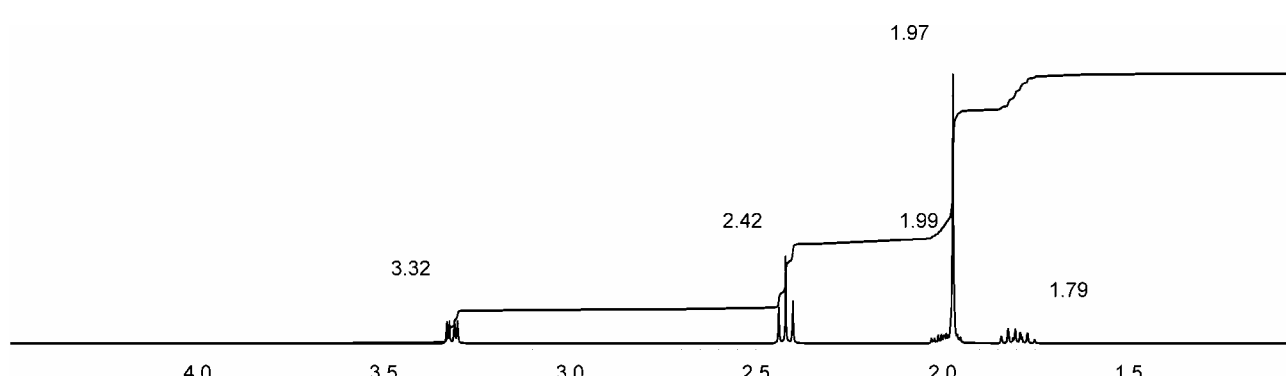
№ 2



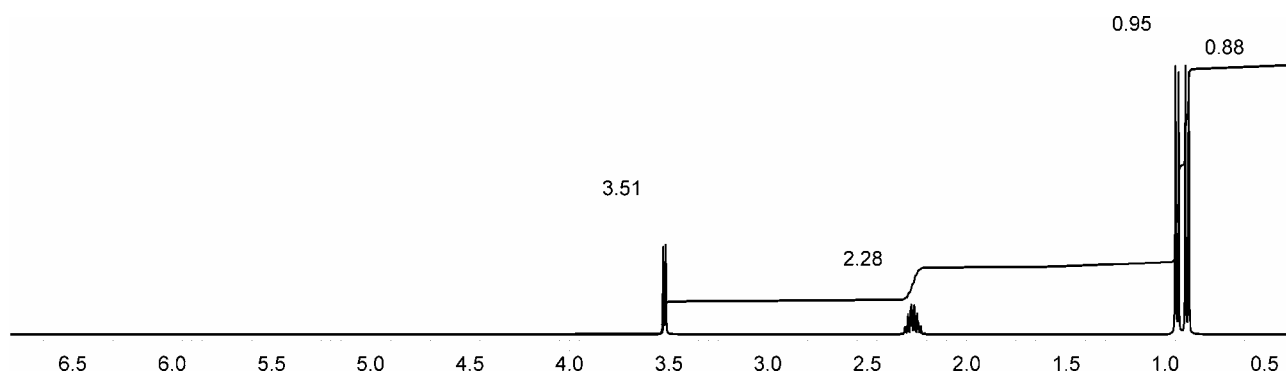
№ 3



№ 4



№ 5

**Форма для відповідей****Спектр № 1**

Амінокислота:

| | | | | | | |
|----------------------|------|------------|------|------|------|------|
| Сигнал | 4.00 | 2.03 | 1.45 | 1.31 | 1.00 | 0.91 |
| Мультиплетність | | мультиплет | | | | |
| Номер(и) протонів | | 2 | | | | |

Спектр № 2

Амінокислота:

| | | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|------|
| Сигнал | 3.89 | 2.11 | 1.52 | 1.35 | 0.92 |
| Мультиплетність | | | | | |
| Номер(и) протонів | | | | | |

Спектр № 3

Амінокислота:

| | | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|------|
| Сигнал | 2.95 | 2.90 | 1.71 | 1.60 | 1.07 |
| Мультиплетність | | | | | |
| Номер(и) протонів | | | | | |

Спектр № 4

Амінокислота:

| | | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|------|
| Сигнал | 3.32 | 2.42 | 1.99 | 1.97 | 1.79 |
| Мультиплетність | | | | | |
| Номер(и) протонів | | | | | |

Спектр № 5

Амінокислота:

| | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|
| Сигнал | 3.51 | 2.28 | 0.95 | 0.88 |
| Мультиплетність | | | | |
| Номер(и) протонів | | | | |

Розв'язок**Спектр № 1**

Амінокислота: Ізолейцин

| | | | | | | |
|----------------------|----------|----------|-------------|-------------|----------|----------|
| Сигнал | 4.00 | 2.03 | 1.45 | 1.31 | 1.00 | 0.91 |
| Мультиплетність | d | m | m | m | d | t |
| Номер(и) протонів | 1 | 2 | 3(4) | 4(3) | 6 | 5 |

Спектр № 2

Амінокислота: Лейцин

| | | | | | |
|----------------------|----------|----------|-------------|-------------|------------|
| Сигнал | 3.89 | 2.11 | 1.52 | 1.35 | 0.92 |
| Мультиплетність | dd | m | m | m | d |
| Номер(и) протонів | 1 | 4 | 2(3) | 3(2) | 5,6 |

Спектр № 3

Амінокислота: Лізин

| | | | | | |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Сигнал | 2.95 | 2.90 | 1.71 | 1.60 | 1.07 |
| Мультиплетність | dd | t | m | quint | quint |
| Номер(и) протонів | 1 | 5 | 2 | 4 | 3 |

Спектр № 4

Амінокислота: Метіонін

| | | | | | |
|----------------------|----------|----------|-------------|----------|-------------|
| Сигнал | 3.32 | 2.42 | 1.99 | 1.97 | 1.79 |
| Мультиплетність | dd | t | m | s | m |
| Номер(и) протонів | 1 | 4 | 2(3) | 5 | 3(2) |

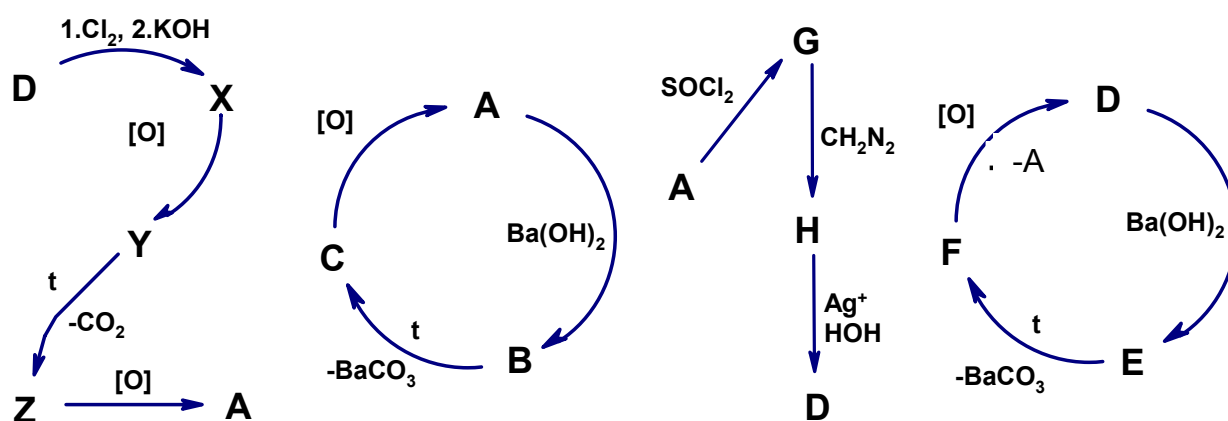
Спектр № 5

Амінокислота: Валін

| | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|
| Сигнал | 3.51 | 2.28 | 0.95 | 0.88 |
| Мультиплетність | d | m | d | d |
| Номер(и) протонів | 1 | 2 | 3(4) | 4(3) |

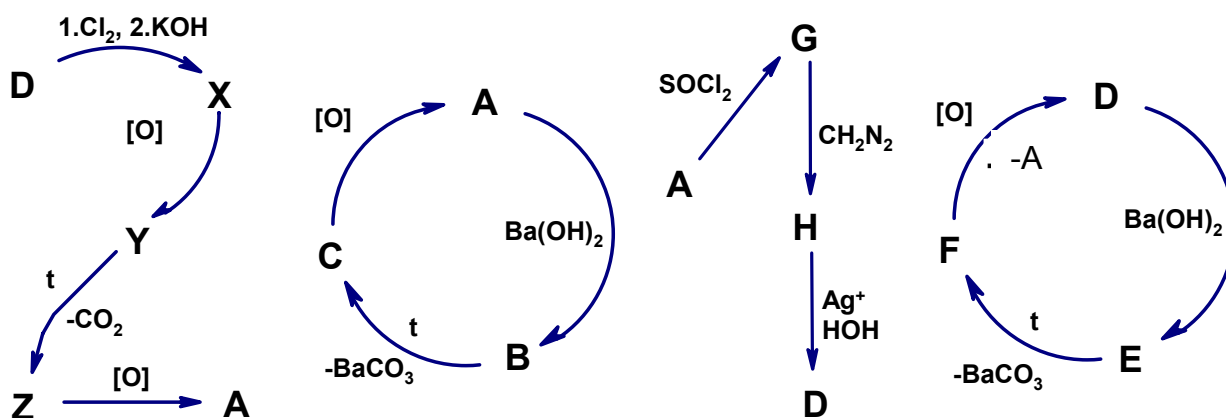
Задача 2. Перетворення-2010

Нижче наведено схему перетворень деяких органічних речовин.



1. Розшифруйте речовини А-Н та X, Y, Z.
2. Якщо розглянути перетворення в першому колі числа 2010, вважаючи, що всі реакції в ньому перебігають на 100%, то яка частка речовини А залишиться після п'ятикратного перебігу перетворень $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$?
3. Наведіть механізм перетворення $H \rightarrow D$.
4. З якої речовини можна одночасно отримати С та F?
5. Поставте замість [O] необхідні окисники.

Нижче приведена схема превращений некоторых органических веществ.



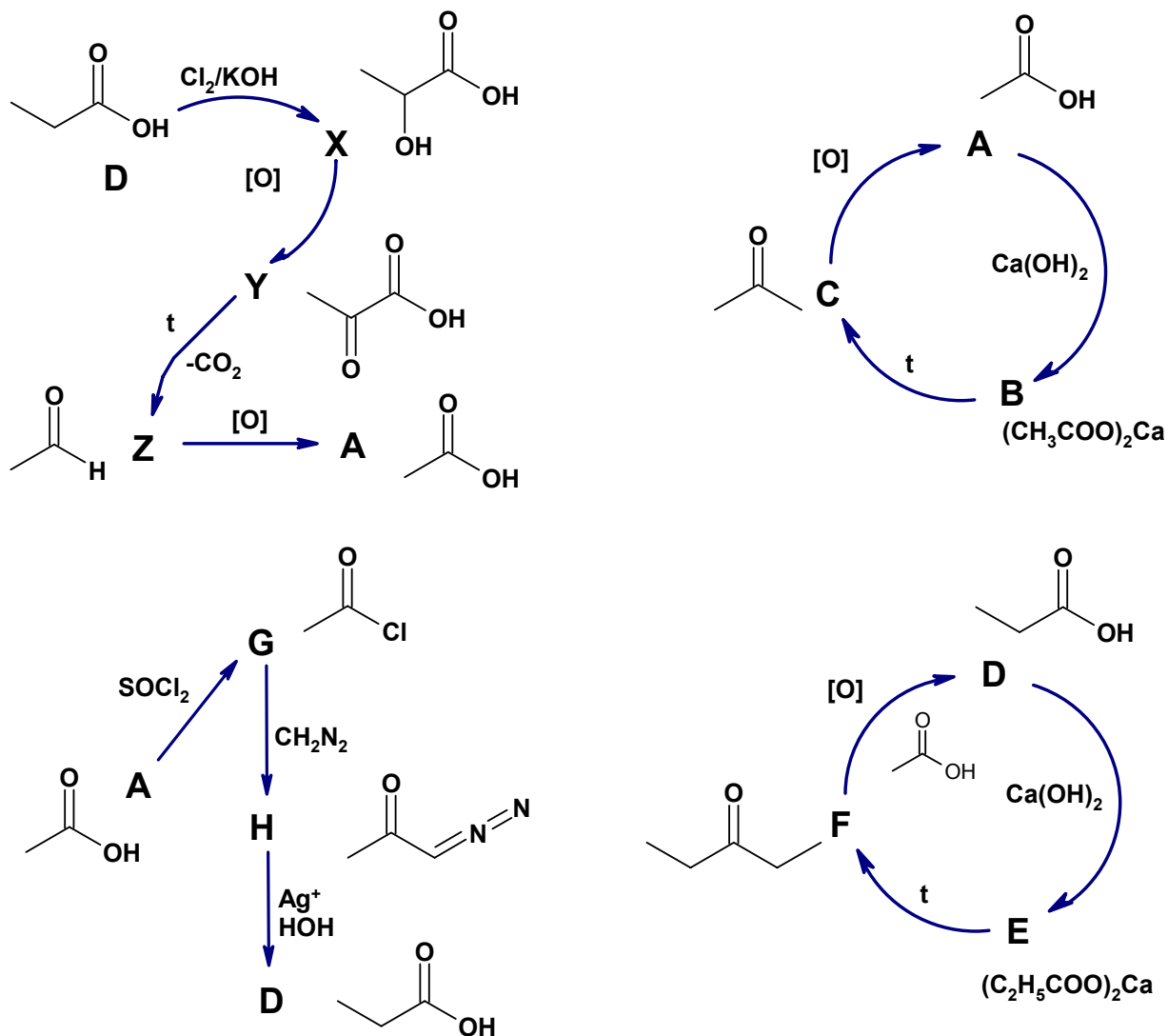
1. Расшифруйте вещества **A-H** и **X, Y, Z**.
2. Если рассмотреть превращения в первом круге числа 2010, считая, что все реакции в нем протекают на 100%, то какая доля вещества **A** останется после пятикратного цикла превращений $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$?
3. Приведите механизм превращения $H \rightarrow D$.
4. Из какого вещества можно одновременно получить **C** и **F**?
5. Расставьте вместо **[O]** необходимые окислители.

Розв'язок

1. Зі схеми перетворень можна зрозуміти, що **A** та **D** належать до одного класу хімічних речовин, мають кислотні властивості (реагують з гідроксидом), а **A** також реагує з SOCl_2 . Доцільно уявити, що це карбонова кислота, тоді **B** – барієва сіль, яка при нагріванні відщеплює барій карбонат і перетворюється на кетон, а кетон при окисненні утворює знову цю кислоту.

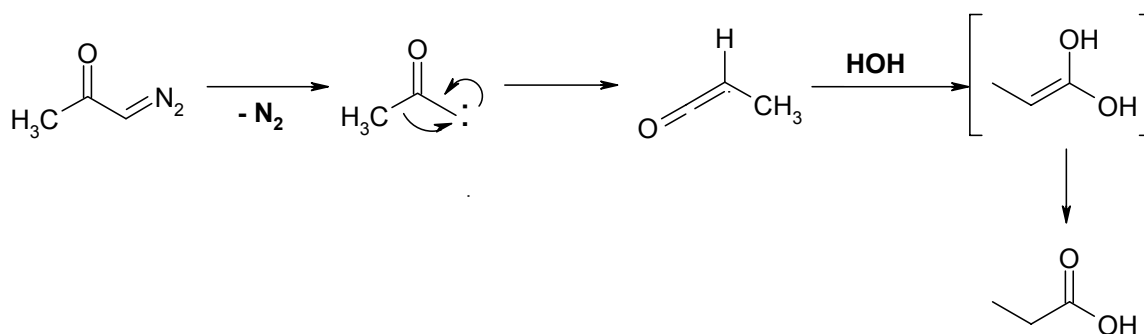
Це добре підходить для ацетону, який при окисненні утворює лише оцтову кислоту. Отже:

A – оцтова кислота, **B** – барій ацетат, **C** – ацетон. Тоді **D** – пропіонова кислота, **E** – барій пропіонат, **F** – діетиловий кетон.



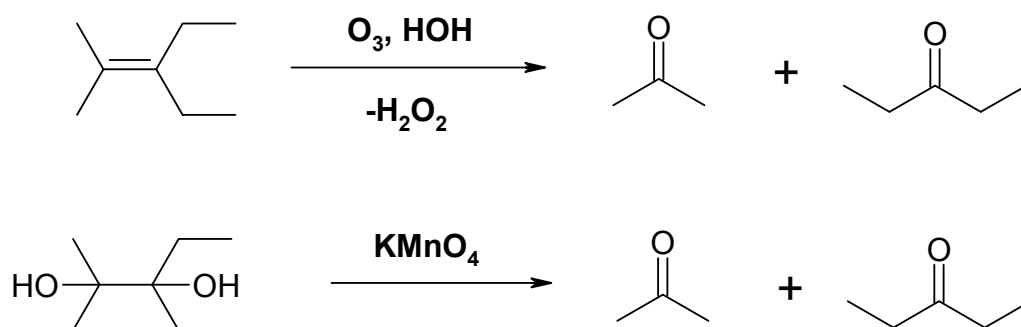
2. Вважаючи, що всі стадії перебігають на 100%, в кожному циклі перетворень 1 еквівалент оцтової кислоти перетворюється на 0,5 еквівалентів оцтової кислоти, тобто з кожним колом кількість кислоти зменшується вдвічі, отже, після п'ятого кола перетворень залишиться лише $1/2^5 = 1/32$ частка А.

3.



Перша стадія – перегрупування Вольфа.

4. С та F одночасно можна отримати озонолізом алкєну або діолу:



5. Для окиснення кетонів в кислоти можна використовувати такі сильні окисники як нітратна кислота чи кислі розчини біхромату або перманганату калію, для окиснення альдегіду в кислоту є великий вибір м'яких окисників, наприклад, аміачний розчин гідроксиду срібла. А щоб окислити гідрокси кислоту в кетокислоту можна використати купрум оксид.

Задача 3. Гідрид

Водень розглядають як перспективне паливо. Одним з недоліків такого пального є проблема його зберігання та транспортування. Найпростіше рішення – використати для цього оборотний процес утворення деякого гідриду металу.

Для реакції $\text{Me(тв)} + \text{H}_2(\text{г}) = \text{MeH}_2(\text{тв})$ з рівняння Вант-Гоффа витікає, що

$\ln p_{\text{H}_2} = \frac{\Delta H}{RT} - \frac{\Delta S}{R}$. Підібрати метал, твердий стійкий гідрид якого

розкладатиметься, скажімо, при 200°C, проблематично, але ситуацію може покращити нанотехнологія. На рисунку схематично показано залежності $\ln p_{\text{H}_2}$ від $\frac{1}{T}$ для чотирьох зразків з різним розміром наночастинок.



Для довідки: зміна ентропії ΔS в процесі ізотермічного стискання ідеального газу від об'єму $V_{\text{вих}}$ до $V_{\text{кін}}$ обчислюється як $\Delta S = R \ln \frac{V_{\text{кін}}}{V_{\text{вих}}}$.

1. Обговоріть переваги та вади водню як пального.
2. Запишіть вираз для константи рівноваги згаданої реакції і виведіть записане в умові рівняння для p_{H_2} , пояснивши зміст позначень.
3. Оцініть значення ентальпії згаданої реакції, за якого гідрид розкладатиметься (тиск водню над ним сягне атмосферного) при 200°C. Вважайте, що ентропія цієї реакції цілком визначається стисканням водню до об'єму, який займає гідрид металу (візьміть його густину 1.45 г/см³, як у MgH₂). Чи потрапляє ця величина в технологічно прийнятний інтервал "енергій зв'язку водню" 10-60 кДж/моль?
4. Який вигляд має доданок, що з'являється в правій частині наведеного в умові рівняння, скоригованого для опису хімії наночастинок? Відповідь поясніть, запишіть це рівняння.
5. Яка, на вашу думку, фізична природа цього доданка? Відповідь поясніть.
6. Які ще наукові досягнення Я. Вант-Гоффа ви можете пригадати?

Водород рассматривают как перспективное топливо. Одним из недостатков такого топлива является проблема его хранения и транспортировки. Простейшее решение – использовать для этого обратимый процесс образования некоторого гидрида металла.

Для реакции $\text{Me(тв)} + \text{H}_2(\text{г}) = \text{MeH}_2(\text{тв})$ из уравнения Вант-Гоффа следует, что $\ln p_{\text{H}_2} = \frac{\Delta H}{RT} - \frac{\Delta S}{R}$. Подобрать металл, твердый устойчивый гидрид которого будет разлагаться, скажем, при 200°C , проблематично, но ситуацию может улучшить нанотехнология. На рисунке схематично показаны зависимости $\ln p_{\text{H}_2}$ от $\frac{1}{T}$ для четырех образцов с различным размером наночастиц.



Для справки: изменение энтропии ΔS в процессе изотермического сжатия идеального газа от объема $V_{\text{исх}}$ до $V_{\text{кон}}$ вычисляется как $\Delta S = R \ln \frac{V_{\text{кон}}}{V_{\text{исх}}}$.

1. Обсудите достоинства и недостатки водорода как топлива.
2. Запишите выражение для константы равновесия упомянутой реакции и выведите записанное в условии уравнение для p_{H_2} , пояснив смысл обозначений.
3. Оцените значение энтальпии упомянутой реакции, при котором гидрид будет разлагаться (давление водорода над ним достигнет атмосферного) при 200°C . Считайте, что энтропия этой реакции полностью определяется сжатием водорода до объема, который занимает гидрид металла (примите его плотность 1.45 г/см^3 , как у MgH_2). Попадает ли эта величина в

- технологически приемлемый интервал "энергий связи водорода" 10-60 кДж/моль?
- Какой вид имеет слагаемое, появляющееся в правой части приведенного в условии уравнения, скорректированного для описания химии наночастиц? Ответ объясните, запишите это уравнение.
 - Какова, по вашему мнению, физическая природа этого слагаемого? Ответ объясните.
 - Какие еще научные достижения Я. Вант-Гоффа вы можете вспомнить?

Розв'язок

- Водень – екологічно чисте, неотруйне пальне, яке за наявності енергії можна добувати з дуже поширеної на Землі речовини – води. Найбільшими його вадами є леткість, внаслідок якої водень здатен утворювати гримучий газ (вибухонебезпечну суміш з повітрям чи киснем) в широкому інтервалі концентрацій, низька температура кипіння (20 К), низька густина рідкого водню та його текучість. Складні проблеми зберігання та транспортування водню є суто технологічними. За високих (робочих для двигуна внутрішнього згорання) температур проблемою може стати розчинність водню в металах. Ще слід згадати про те, що парниковий ефект зумовлюється, зокрема, водяною парою.

- Константа рівноваги $K = \frac{1}{P_{H_2}}$. Скомбінувавши її з інтегральною формою

рівняння Вант-Гоффа $\ln K = -\frac{\Delta H}{RT} + \frac{\Delta S}{R}$, дістаємо формулу з умови

задачі. В ній ΔH та ΔS – ентальпія та ентропія реакції утворення гідриду, R – універсальна газова стала, T – термодинамічна температура.

- Обчислимо ентропію стискання водню при 200°C. Для 1 моль газу вихідним об'ємом буде $22.4 \cdot \frac{473}{273} = 38.8$ (л), а кінцевим – $1.45 \cdot 26 = 37.7$

(см³ або мл). Отже, $\frac{V_{\text{кін}}}{V_{\text{вих}}} = \frac{37.7}{38.8 \cdot 1000} = 9.72 \cdot 10^{-4}$ і $\Delta S = 8.314 \cdot \ln(9.72 \cdot 10^{-4}) = -57.7$

(Дж/К·моль). За атмосферного тиску $p_{\text{H}_2} = 1$ атм дістаємо $\frac{\Delta H}{RT} - \frac{\Delta S}{R} = 0$ і

$\Delta H = T\Delta S$, звідки $\Delta H = -27.3$ кДж/моль, що потрапляє в технологічно прийнятний інтервал.

4. Лінійність залежності $\ln p_{\text{H}_2} - \frac{1}{T}$ не порушується, тому доданок може

містити відносно температури тільки члени виду a та/або $\frac{a}{T}$. В першому

випадку лінії мають бути паралельними, у другому – проходити через одну й ту саму точку на вертикальній осі. Як видно з графіка, реалізується другий випадок. Оскільки ΔH і кут нахилу негативні, а

зменшення розміру частки r веде до зменшення нахилу прямої, доданок має бути позитивним і зростати зі зменшенням r . (До речі, фізичні аргументи дозволяють уточнити: він також має бути пропорційним

загальній площі поверхні частинок, яка, в свою чергу, пропорційна $\frac{V_M}{r}$,

де V_M – мольний об'єм твердої речовини, а також коефіцієнту поверхневого натягу, точніше, до його зміни в реакції). Отже, за графіком можна визначити таку форму скоригованого рівняння:

$$\ln p_{\text{H}_2} = \frac{\Delta H}{RT} - \frac{\Delta S}{R} + \frac{a}{r^n T}, \text{ в якій } a > 0, n > 0.$$

5. Фактично, доданок коригує ентальпію процесу. Це відбувається внаслідок додаткової енергії поверхневого натягу, яка зростає зі зменшенням наночастинки.

6. Ізотонічний коефіцієнт Вант-Гоффа в формулах для колігативних властивостей розчинів (осмотичного тиску, криоскопії тощо). Перша Нобелівська премія з хімії в 1901. Стереохімія: основи хіральності, також здобутки у фізичній хімії (кінетика, рівноваги, розведені розчини).

Задача 4. Метал для Форда

«Если бы не было металла X, то не было бы моего автомобиля»

Генри Форд



Одного разу після автоперегонів в Англії, в 1905 році, Генрі Форд, майбутній «автомобільний король», роздивлявся розбитий французький автомобіль. Його зацікавили уламки двигуна, що був зроблений з вельми міцного, в'язкого та легкого матеріалу. Невдовзі в лабораторії Форда з'ясували, що цим матеріалом була сталь з домішками металу **X**. Після додаткових досліджень Генрі Форд впровадив нову сталь у виробництво, що дозволило йому полегшити його автомобілі, збільшити їх міцність, покращити ходові якості і цим зацікавити численних покупців.

Хімія сполук металу **X** є дуже цікавою. При електролізі розчину 1,092 г оксиду **A** цього металу в хлоридній кислоті на аноді виділяється жовто-зелений газ, а на катоді накопичується така ж кількість речовини фіолетового хлориду **B** масою 1,890 г, яка є хлоридом елемента **X**. При відновленні речовини **B** магнієм в атмосфері чадного газу (під тиском 200 атм) утворюється жовта комплексна сполука **C** (масова частка магнію 5,195%, не містить хлору) масою 2,772 г. При обробці розчином хлоридної кислоти речовини **C** виділяється водень і утворюється зелена речовина **D** (2,628 г), нагрівання якої в інертній атмосфері дає метал **X**. При низьких температурах речовина **D** димеризується.

1. Визначте метал **X**, напишіть рівняння реакції, що відбувається при його взаємодії з сумішшю HNO_3 та HF . Чому реакція не перебігає в присутності лише HNO_3 ?

2. Визначте сполуки **A-D**.
3. Напишіть рівняння згаданих перетворень.
4. Наведіть структурну формулу комплексу **C**.
5. Напишіть рівняння взаємодії рідини **D**: а) з воднем; б) з киснем.
6. Як в промисловості з оксиду **A** отримують **X**?
7. Поясніть причину димеризації **D**.

Однажды после автогонок в Англии, в 1905 году, Генри Форд, будущий «автомобильный король», рассматривал разбитый французский автомобиль. Его заинтересовали обломки двигателя, изготовленного из исключительно прочного, вязкого и легкого материала. Вскоре в лаборатории Форда выяснили, что этим материалом была сталь, легированная металлом **X**. После дополнительных исследований Генри Форд внедрил новую сталь в производство, что позволило ему сделать автомобили более легкими, увеличить их прочность, улучшить ходовые качества и этим заинтересовать большее число покупателей.

Химия соединений металла **X** очень интересна. При электролизе 1,092 г оксида **A** этого металла в растворе соляной кислоты на аноде выделяется желто-зеленый газ, а на катоде накапливается такое же количество вещества фиолетового хлорида **B** массой 1,890 г, являющегося хлоридом элемента **X**. При восстановлении вещества **B** магнием в атмосфере угарного газа (под давлением 200 атм) образуется желтое комплексное соединение **C** (массовая доля магния 5,195%, не содержит хлора) массой 2,772 г. При обработке раствором соляной кислоты вещества **C** выделяется водород и образуется зеленое вещество **D** (2,628 г), нагревание которого в инертной атмосфере дает металл **X**. При низких температурах вещество **D** димеризуется.

1. Определите металл **X**, напишите уравнение реакции, происходящей при его взаимодействии со смесью HNO_3 и HF . Почему реакция не проходит в присутствии только HNO_3 ?

2. Определите соединения **A-D**.
3. Напишите уравнения упомянутых превращений.
4. Приведите структурную формулу комплекса **C**.
5. Напишите уравнения взаимодействия жидкости **D**: а) с водородом; б) с кислородом.
6. Как в промышленности из оксида **A** получают **X**?
7. Объясните причину димеризации **D**.

Розв'язок

1-3. Є достатньо даних про електроліз розчину оксиду **A**, щоб визначити невідомий метал. Жовто-зелений газ – це хлор. Оскільки хлору виділяється така ж кількість речовини, що і хлориду **B**, можна зробити висновок, що ступені окиснення металу в хлориді на 2 менше, ніж в оксиді:



$$\text{Молярна маса оксиду } M(\text{A}) = 2x + 16 \cdot n,$$

$$\text{молярна маса хлориду } M(\text{B}) = x + 35,5 \cdot (n - 2), \text{ де } x - \text{ атомна маса металу,}$$

$$\frac{1,092}{1,89} = \frac{2x + 16n}{2(x + 35,5(n - 2))} \Rightarrow x = 29,63n - 97,16$$

| n | x, г/моль | Me |
|---|-----------|----------|
| 4 | 21,3 | |
| 5 | 51,0 | V |
| 6 | 80,6 | |
| 7 | 108 | Ag ??? |
| 8 | 140 | |

Отже **A** – V_2O_5 , **B** – VCl_3 .

Визначимо масову частку **V** в комплексі **C**, враховуючи, що весь ванадій з хлориду перейшов до **C**:

$$w(V) = \frac{m(V)}{m(C)} \cdot 100\% = \frac{m(B) \cdot \frac{M(V)}{M(VCl_3)}}{m(C)} \cdot 100\% = \frac{1,89 \cdot \frac{51}{157,5}}{2,772} \cdot 100\% = 22,078\%$$

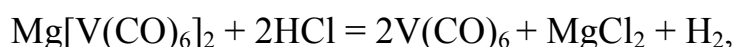
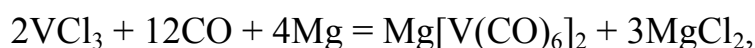
Оскільки комплекс не містить хлору, його лігандами є CO. Визначимо склад комплексу **C**:

$$n(Mg) : n(V) : n(CO) = \frac{5,195}{24} : \frac{22,078}{51} : \frac{72,727}{28} = 0,216 : 0,432 : 2,597 = 1 : 2 : 12$$

Отже **C** – $Mg[V(CO)_6]_2$. В цьому комплексі ванадій має ступінь окиснення -1.

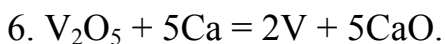
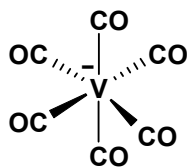
Кількість речовини $n(C) = \frac{2,772}{462} = 0,006$ моль. Маса речовини **D** менше від маси речовини **C** на масу магнію, що містився в **C**. Отже, з 1 моль $Mg[V(CO)_6]_2$ утворюється 1 моль „ $V_2(CO)_{12}$ ” або 2 моль $V(CO)_6$. Таким чином, **D** – $V(CO)_6$.

Рівняння реакцій:



Поверхня ванадію вкрита щільною пасивуючою плівкою, в зв'язку з цим ванадій є стійким в агресивних середовищах. Роль HF зводиться до розчинення цієї плівки.

4.



7. В $V(CO)_6$ ванадій містить 17 електронів, утворення 18-електронної оболонки відбувається при димеризації.

Задача 5. Ланцюжок

Сполуку **A** одержують з вінілетилового етеру в дві стадії: спочатку обробляють бромом на холододу, а потім спиртовим розчином калій гідроксиду. У присутності сульфатної кислоти **A** активно взаємодіє з метилфеніловим етером на холододу. Продукт реакції **B** при нагріванні зі спиртовим розчином лугу утворює речовину **C**, а при кип'ятінні в розчиннику з високою температурою кипіння, наприклад, у пентанолі-1 – речовину **D**. В останньому випадку як побічний продукт виділяється вода, а температура пари падає через утворення потрійного азеотропу. При взаємодії його з бромоводнем може утворюватися лише один продукт. Розчинність та інші фізичні властивості **C** і **D** різко відрізняються, але в їхніх мас-спектрах спостерігаються молекулярні іони однакової маси.

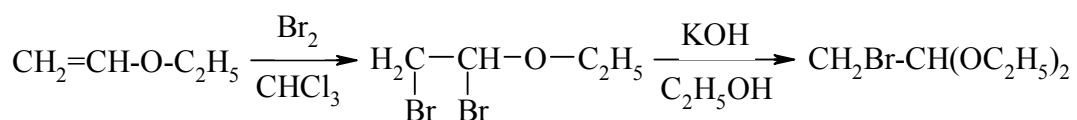
1. Встановіть будову сполук **A** – **D**. Напишіть рівняння реакцій.

Соединение **A** получают из винилэтилового эфира в две стадии: сначала обрабатывают бромом на холоду, а затем спиртовым раствором гидроксида калия. В присутствии серной кислоты **A** активно взаимодействует с метилфениловым эфиром на холоду. Продукт реакции **B** при нагревании со спиртовым раствором щёлочи образует вещество **C**, а при кипячении в высококипящем растворителе, например, в пентаноле-1 – вещество **D**. В последнем случае побочно выделяется вода, а температура паров падает из-за образования тройного азеотропа. При его взаимодействии с бромоводородом может получаться только один продукт. Растворимость и другие физические свойства **C** и **D** резко отличаются, но в их масс-спектрах наблюдаются молекулярные ионы одинаковой массы.

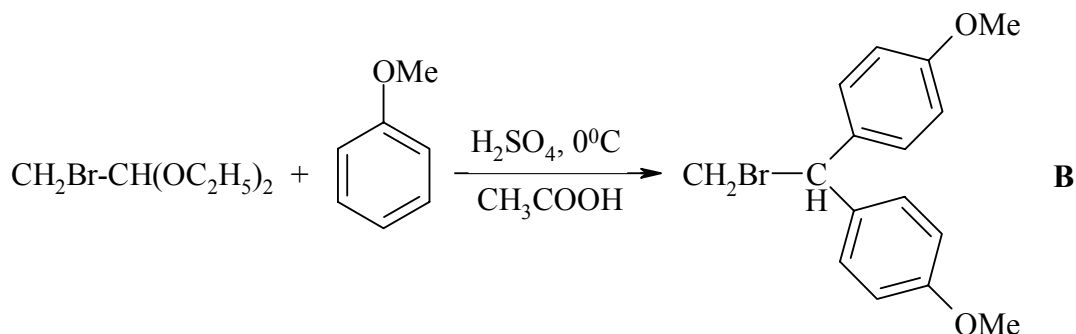
1. Установите строение соединений **A** – **D**. Напишите уравнения реакций.

Розв'язок

Сполука **A** – диетилацеталь бромацетальдегиду. Схема його одержання:

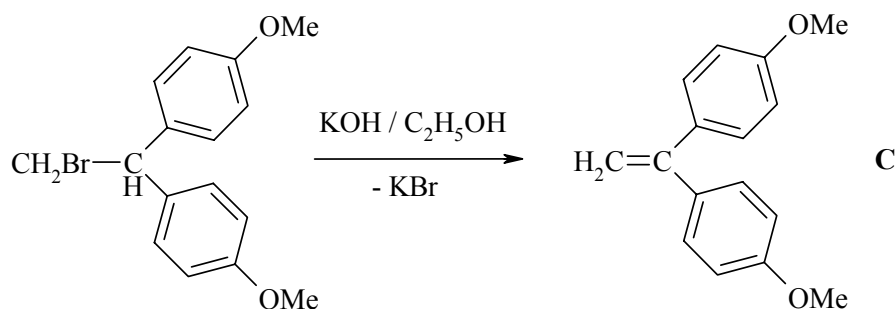


У присутності сульфатної кислоти він вступає в реакцію електрофільного



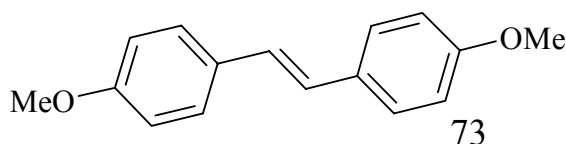
заміщення з феніловими етерами:

Одержаний 1,1-дізаміщений-2-брометан при взаємодії зі спиртовим розчином луку зазнає нормального дегідробромовання, утворюючи 1,1-ді(*n*-анізіл)етилен:



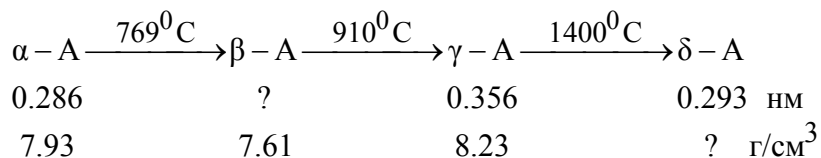
При кип'ятінні **B** в пентанолі також відбувається відщиплення бромоводню. Він миттєво реагує зі спиртом, утворюючи відповідний бромалкан і воду, що і призводить до потрібному азеотропу пентанол-бромпентан-вода. Оскільки молярні маси **C** і **D** однакові, але відрізняються їхні властивості, то **C** і **D** – ізомери.

D – транс-ізомер 1,2-ді(*n*-анізіл)етилену (диметоксистильтбену):

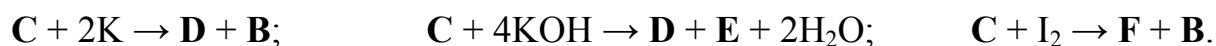


Задача 6. Модифікації металу

Метал **A** утворює декілька модифікацій. Переходи між ними можна зобразити поданою нижче схемою, в якій зазначено параметри елементарних комірок та густину:

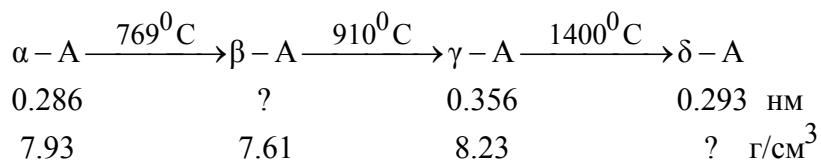


При нагріванні **A** в струмі газу **B** при 150°C та 15 атм утворюється жовта летка рідина **C**, нерозчинна у воді, яка розкладається при 300°C . Хімічні властивості **C** описують такі схеми реакцій:



1. Визначте метал **A** та невідомі величини, позначені знаками питання, якщо α , β , δ – модифікації з об'ємноцентрованою кубічною граткою (один атом в центрі кубу та вісім у вершинах). Яку гратку має γ -модифікація?
2. Розшифруйте всі сполуки, якщо відомо, що **E** та **D** є солями, а молекула **B**, на відміну від ізоелектронної їй молекули **G**₂, має дипольний момент $\mu = 0,04 \cdot 10^{-29}$ Кл·м ($q_e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ Кл).
3. Опишіть будову молекули **B** методом молекулярних орбіталей та визначте заряди на атомах, якщо між'ядерна відстань становить 1,128 Å.
4. Яку будову має молекула **C** (вказіть стани гібридизації та ступіні окиснення всіх атомів, електронну конфігурацію та кількість неспарених електронів центрального атома, геометричну форму молекули)? Яким є дипольний момент молекули **C**?

Металл **A** образует несколько модификаций. Переходы между ними можно представить приведенной ниже схемой, в которой указаны параметры элементарных ячеек и плотность:



1. Определите металл **A** и неизвестные величины, обозначенные вопросительными знаками, если α , β , δ – модификации с объемноцентрированной кубической решеткой (один атом в центре куба и восемь в вершинах). Какую решетку имеет γ –модификация?
2. Расшифруйте все соединения, если известно, что **E** и **D** – соли, а молекула **B**, в отличие от изоэлектронной ей молекулы **G₂**, имеет дипольный момент $\mu=0,04 \cdot 10^{-29}$ Кл·м ($q_e=1.602 \cdot 10^{-19}$ Кл).
3. Опишите строение молекулы **B** методом молекулярных орбиталей и определите заряды на атомах, если межъядерные расстояния составляют $1,128 \text{ \AA}$;
4. Каково строение молекулы **C** (укажите состояние гибридизации и степени окисления всех атомов, электронную конфигурацию и число неспаренных электронов центрального атома, геометрическую форму молекулы)? Каков дипольный момент молекулы **C**?

Розв'язок

Маса елементарної комірки для об'ємноцентрованої кубічної ґратки дорівнює $2m_A^0$, об'єм комірки a^3 , звідки $2m_A^0 = \rho \cdot a^3$,

$$M_A = \frac{N_a \cdot \rho \cdot a^3}{2} = \frac{6.02 \cdot 10^{23} \cdot 7.93 \cdot (0.286 \cdot 10^{-7})^3}{2} = 55.8 \text{ (г/моль)}, \text{ що відповідає Fe.}$$

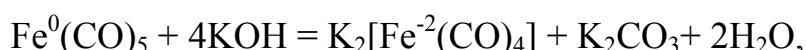
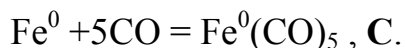
$$a_{\beta-A} = \sqrt[3]{\frac{2M_{\text{Fe}}}{N_a \cdot \rho}} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 55.8}{6.02 \cdot 10^{23} \cdot 7.61}} = 0.290 \text{ нм,}$$

$$\rho_{\delta-A} = \frac{2M_{\text{Fe}}}{N_a \cdot a^3} = \frac{2 \cdot 55.8}{6.02 \cdot 10^{23} \cdot (0.293 \cdot 10^{-7})^3} = 7.37 \text{ г/см}^3.$$

$$n = \frac{N_a \cdot \rho \cdot a^3}{M_A} = \frac{6.02 \cdot 10^{23} \cdot 8.23 \cdot (0.356 \cdot 10^{-7})^3}{55.8} = 4,$$

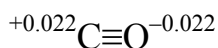
що відповідає гранецентрованої кубічній гратці (по одному атому в центрі кожної грані куба та вісім у його вершинах).

Легко зрозуміти, що **B** – це CO, а **G₂** – це N₂.



Електронна будова молекули CO: $\sigma_{\text{O}}^2 \sigma_{\text{S}}^2 \pi_{\text{X,Y}}^4 \sigma_{\text{C}}^2$ (один σ - та два π -зв'язки,

дві незв'язуючі орбіталі). Заряди на атомах $\frac{0.04 \cdot 10^{-29}}{1.128 \cdot 10^{-10} \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}} = 0.022,$



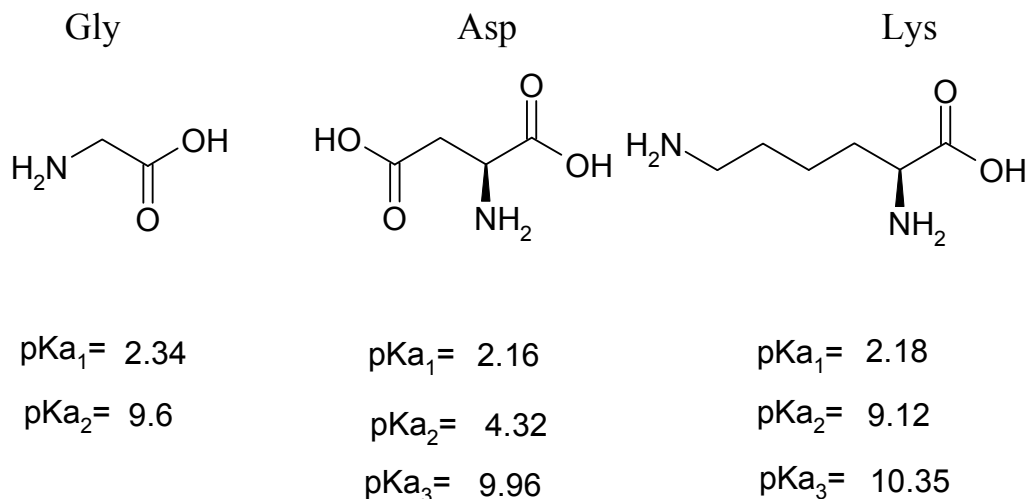
$\text{Fe}^0(\text{C}^{+2} \equiv \text{O}^{-2})_5$, dsp^3 -гібридизація атому Fe, sp -гібридизація для C и O, тригональна біпіраміда. $\text{Fe}^0 - 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^0 4p^0$, неспарених електронів немає, дипольний момент $\mu=0$.

Задача 7. Амінокислоти

Амінокислоти (АК) є складовими частинами білків, які відіграють величезну роль у побудові живих організмів. Для встановлення амінокислотної послідовності у природних білках необхідні такі методи розділення амінокислот, які б забезпечували зручний та ефективний спосіб виділення АК в чистому вигляді. Одним з перших та найзручніших методів був і залишається електрофорез. Основа цього методу полягає в тому, що загальний заряд молекули АК і, відповідно, рухливість молекул АК відносно нерухомих електродів залежать від рН середовища.

Однією з базових характеристик молекули АК у цьому методі є так звана ізоелектрична точка (ІТ), тобто значення рН при якому молекула амінокислоти в цілому незаряджена.

Представниками найпоширеніших природних амінокислот, які зустрічаються у білках, є гліцин (Gly), аспаргінова кислота (Asp), лізин (Lys):

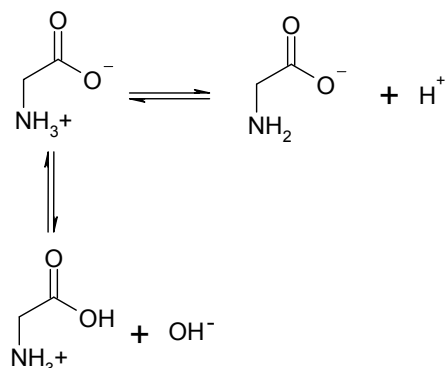


У розчині молекули АК існують переважно у вигляді цвітер-іонів (біполярних сполук).

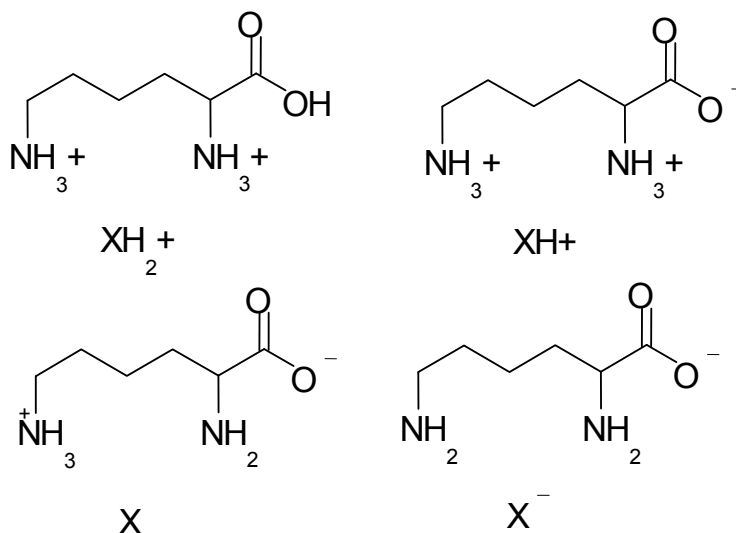
1. Зобразіть схему рівноваг, які встановлюються у розчині гліцину.
2. Зобразіть структури форм лізину, що існують у розчинах, та запишіть вирази для відповідних констант рівноваги.
3. Чому дорівнює рН 0.01М розчину аспарагінової кислоти?
4. Оцініть значення ІТ для кожної з АК. Зробіть відповідні висновки та запропонуйте спосіб розділення цих АК методом електрофорезу.
5. Скільки можливих трипептидів можна добути з цих трьох АК?
6. При нагріванні гліцину відбувається його поліконденсація. Середня молярна маса отриманого полімеру за даними аналізу складає близько 2000 г/моль. Розрахуйте кількість молекул гліцину, потрібних для отримання 1 молекули даного полімеру.

Розв'язок

1. У розчині гліцину існує рівновага між трьома формами гліцину. Вміст кожної з форм змінюється відповідно до зміни рН середовища. Нейтральна молекула АК існує у розчині, переважно, у виді цвітер-іона.



2. У розчині лізину встановлюється рівновага між чотирма формами:

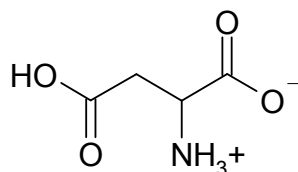


Треба звернути увагу на розподіл заряду на аміногрупах Lys в залежності від ступеня протонування. Переважною формою в розчині лізину буде цвітер-іон X, в якому позитивний заряд несе ε-аміногрупа («Protonation steps for Lys at the ε- and α-amino groups are not completely separated. ...Lys with the deprotonated α-amino and protonated ε-amino groups predominates over Lys with the protonated α-amino and deprotonated ε-amino groups», O. Yamauchi and A. Odani, Pure & Appl. Chem., V. 68, No. 2, pp. 469-496, 1996).

Вирази для констант рівноваги:

$$K_1 = [\text{XH}^+] [\text{H}^+] / [\text{XH}_2^+], K_2 = [\text{X}] [\text{H}^+] / [\text{XH}^+], K_3 = [\text{X}^-] [\text{H}^+] / [\text{X}].$$

3. Переважною формою в розчині аспарагінової кислоти є такий цвіттер-іон:



Кислотність розчину обумовлена дисоціацією γ -карбоксихрупи (α -аміногрупа та зв'язана з нею карбоксихрупа дезактивовані внаслідок утворення стійкої системи цвіттер-іону завдяки іон-іонній взаємодії й утворенню системи водневих зв'язків). Отже, $[H^+] \approx (K_2 \cdot c)^{0.5}$, $pH = -\lg[H^+] = 3.16$.

4. Для біфункціональних амінокислот, яким є гліцин, $IT = (pK_1 + pK_2)/2 = 5.97$. В основу виводу цієї формули покладено рівність концентрацій протонованої та депротонованої форм Gly.

IT для трифункціональних амінокислот теж приблизно дорівнює виразу, аналогічному для Gly, але треба зазначити, що IT для Asp лежить у кислому середовищі, що пояснюється зростанням вмісту цвіттер-іону із зростанням концентрації іонів H^+ , для Asp $IT \approx (pK_1 + pK_2)/2 = 3.24$.

IT для лізину лежить у лужному середовищі. Наявність кінцевої аміногрупи викликає протонування молекули Lys, що надає молекулі деякого сумарного позитивного заряду. Для того щоб молекула була електронейтральною, необхідно дезактивувати позитивний заряд. Саме це реалізується у середовищах з високим значенням pH, для Lys

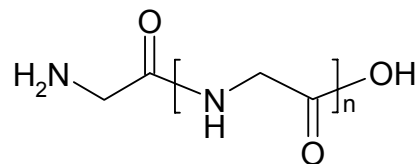
$IT \approx (pK_2 + pK_3)/2 = 9.74$.

Отже, якщо необхідно розділити суміш цих АК, можна створити певне значення pH (оптимальний варіант 5.97), а в розчин внести два електроди. Відповідно за даного значення pH молекули Asp будуть, переважно, рухатись у напрямку позитивно зарядженого електроду, а молекули Lys будуть рухатись до іншого електроду. Молекули Gly не будуть рухатись до жодного з

електродів. На цьому й ґрунтується один методів розділення АК. Також будуть різнитись відносні швидкості руху молекул АК.

5. $27=3^3$

6. Молекула, що утворилася, має структуру



Легко показати, що $n = 33$. Для отримання 1 молекули даного полімеру необхідно приблизно 34 молекули Gly.

II тур

8 клас

Задача 1. Хмарне небо

Переохолоджені хмари, з яких не йде ні дощ, ні сніг, складаються з дрібнесеньких крапельок води, яка, за останніми спостереженнями, має аномально високу густину – 2 г/см^3 . Снігопад з таких хмар можна викликати штучно, розкидаючи з літака гранули сухого льоду. На обробку 1 км^3 повітря в хмарі при температурі $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ та тиску 720 мм рт. ст. витрачається 2 кг сухого льоду ($760 \text{ мм.рт.ст.} = 101,13 \text{ кПа}$).

1. Скільки молекул води містить крапелька переохолодженої водяної пари діаметром 5 мкм ?
2. Які явища викликають штучний снігопад – фізичні чи хімічні?
3. З якої речовини складається сухий лід? На яку величину зміниться об'ємна частка цієї речовини в повітрі, коли гранули зникнуть?
4. Наскільки екобезпечним є такий спосіб викликання снігопаду?
5. Які фізичні й хімічні процеси відбуватимуться, якщо гранулу сухого льоду кинути в склянку з водою при кімнатній температурі? Запишіть відповідні рівняння реакцій.

Переохлажденные тучи, из которых не идет ни дождь, ни снег, состоят из мельчайших капелек воды, которая, по последним наблюдениям, имеет аномально высокую плотность – 2 г/см^3 . Снегопад из таких туч можно вызвать искусственно, разбрасывая с самолета гранулы сухого льда. На обработку 1 км^3 воздуха в туче при температуре $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 720 мм рт. ст. расходуется 2 кг сухого льда ($760 \text{ мм.рт.ст.} = 101,13 \text{ кПа}$).

1. Сколько молекул воды содержит капелька переохлажденного водяного пара диаметром 5 мкм ?

2. Какие явления вызывают искусственный снегопад – физические или химические?
3. Из какого вещества состоит сухой лед? На какую величину изменится объемная доля этого вещества в воздухе, когда гранулы исчезнут?
4. Насколько экобезопасным является такой способ вызывания снегопада?
5. Какие физические и химические процессы будут происходить, если гранулу сухого льда бросить в стакан с водой при комнатной температуре? Запишите уравнения соответствующих реакций.

Розв'язок

1. Об'єм сферичної крапельки переохолодженої водяної пари діаметром

$$d = 5 \text{ мкм} (5 \cdot 10^{-4} \text{ см}) \quad V = \pi d^3 / 6 = 3.14 \cdot 5^3 \cdot (10^{-4} \text{ см})^3 / 6 = 6.54 \cdot 10^{-11} \text{ см}^3;$$

$$\text{маса крапельки } 2 \text{ г/см}^3 \cdot 6.54 \cdot 10^{-11} \text{ см}^3 = 1.31 \cdot 10^{-10} \text{ г};$$

кількість речовини води в крапельці:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 1.31 \cdot 10^{-10} \text{ г} / (18 \text{ г/моль}) = 7.28 \cdot 10^{-12} \text{ моль}.$$

Кількість молекул води в крапельці:

$$6.02 \cdot 10^{23} \cdot n(\text{H}_2\text{O}) = 6.02 \cdot 10^{23} \cdot 7.28 \cdot 10^{-12} \text{ моль} = 4.38 \cdot 10^{12}.$$

2. Фізичні явища: різке зниження температури поблизу гранули сухого льоду та, як наслідок, замерзання переохолодженої води; ріст кристалів льоду; сублімація сухого льоду (перехід з твердого стану в газоподібний).

3. Сухий лід – CO_2 . Його одержують зі зрідженого CO_2 пресуванням при високому тиску. За умов, близьких до нормальних, сублімується (переходить з твердого стану до газуватого, оминаючи рідкий). Кількість речовини CO_2 в 2 кг сухого льоду:

$$n(\text{CO}_2) = 2000 \text{ г} / (44 \text{ г/моль}) = 45,5 \text{ моль}.$$

Об'єм CO_2 після сублімації $V = n(\text{CO}_2) \cdot R \cdot T / P = 1.06 \text{ м}^3$, об'ємна частка CO_2 збільшилась на величину $1.06 \text{ м}^3 / 1 \cdot 10^9 \text{ м}^3 = 1.1 \cdot 10^{-9}$ ($1.1 \cdot 10^{-7} \%$).

4. З точки зору забруднення повітря метод безпечний, бо CO_2 не є токсичним, а його вміст в атмосфері практично не зростає.

5. Фізичні процеси: охолодження; сублімація CO_2 ; утворення «туману».

Фізико-хімічний процес: розчинення газу CO_2 у воді.

Хімічні процеси: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$; $\text{HCO}_3^- = \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$.

Задача 2. Галогени

В таблиці наведено деякі параметри галогенів:

| Елемент (E) | F | Cl | Br | I |
|---|-----|-----|-----|-----|
| Електронегативність | 4,1 | 2,9 | 2,8 | 2,2 |
| $E_{\text{E-E}}^{\text{зв}}$, кДж/моль | 158 | 242 | 193 | 151 |

1. Поясніть порядок зміни електронегативності та енергії зв'язку в молекулах E_2 . Чому флуор, найбільш електронегативний з них, утворює молекулу, стійкість якої така сама, як і молекули йоду?

Більшість флуоридів молекулярної будови є дуже агресивними флуоруючими реагентами, які також бурхливо реагують з водою. В той же час, деякі флуориди молекулярної будови в цих реакціях є дуже інертними.

2. Наведіть просторову будову молекул таких флуоридів: BeF_2 , BF_3 , PF_5 , CF_4 , SiF_4 , SF_4 , SF_6 . Вкажіть тип гібридизації центральних атомів у молекулах.
3. Як реагують всі ці сполуки з розведеними розчинами лугів?
4. Які флуориди молекулярної будови і чому є інертними по відношенню до гідролітичного розщеплення?

В таблице приведены некоторые параметры галогенов:

| Элемент (E) | F | Cl | Br | I |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Электроотрицательность | 4,1 | 2,9 | 2,8 | 2,2 |
| E_{E-E}^{cb} , кДж/моль | 158 | 242 | 193 | 151 |

1. Объясните порядок изменения электроотрицательности и энергии связи в молекулах E_2 . Почему фтор, наиболее электроотрицательный из них, образует молекулу, устойчивость которой такая же, как и молекулы йода?

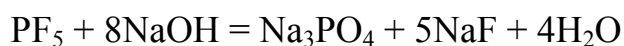
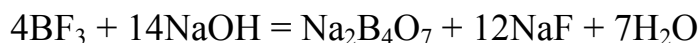
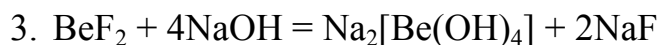
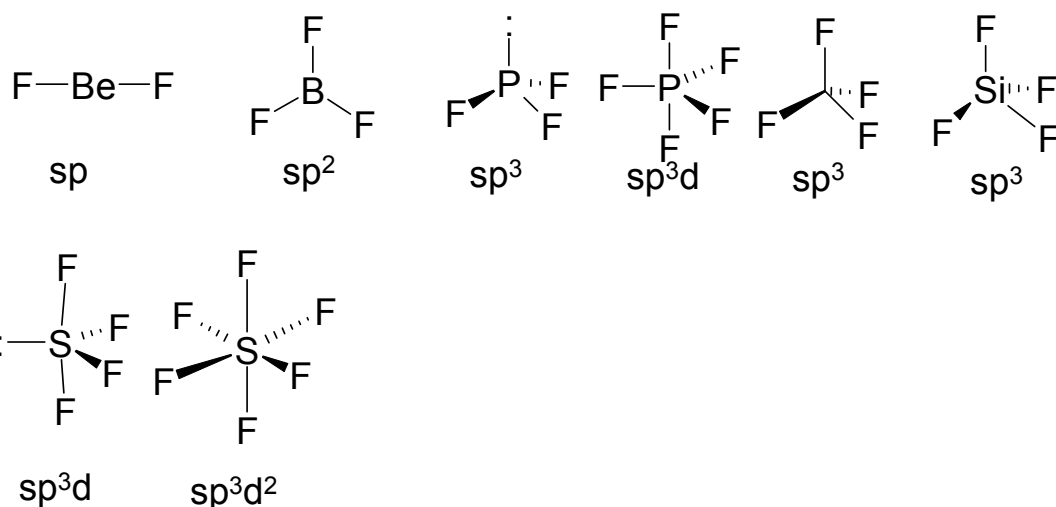
Большинство фторидов молекулярного строения являются очень агрессивными фторирующими реагентами, которые бурно реагируют с водой. В то же время, некоторые фториды молекулярного строения в этих реакциях весьма инертны.

2. Приведите пространственное строение молекул таких фторидов: BeF_2 , BF_3 , PF_5 , CF_4 , SiF_4 , SF_4 , SF_6 . Укажите тип гибридизации центральных атомов в молекулах.
3. Как реагируют все эти соединения с разбавленными растворами щелочей?
4. Какие фториды молекулярного строения и почему инертны по отношению к гидролитическому расщеплению.

Розв'язок

1. Зменшення електронегативності в ряду F–Cl–Br–I пов'язано, в першу чергу, зі зростанням ковалентного радіусу відповідних атомів. Малу стійкість молекули фтору можна пояснити, приміром, малим валентним радіусом атомів флуору та, внаслідок цього, сильним відштовхуванням вільних електронних пар валентного рівня. Можна також згадати про відсутність d-орбіталей на другому енергетичному рівні.

2.



4. В симетричних молекулах CF_4 та SF_6 центральні атоми добре екрановані атомами флуору від взаємодії з гідроксид-іоном. Крім того, у атома карбону також відсутні d-орбіталі, які б полегшували початок реакції цієї молекули з іонами OH^- .

Задача 3. Анортит

Мінерал анортит з групи польових шпатів містить масові частки 14,4% Ca, 46,0% O, а також Al та Si. Однак знайдено, що деяка кількість пар іонів ($\text{Ca}^{2+} + \text{Al}^{3+}$) в кристалічній ґратці анортиту, здатна заміщуватись на пари ($\text{Na}^+ + \text{Si}^{4+}$) без суттєвої зміни параметрів кристалічної ґратки (один з типів ізоморфного заміщення).

1. Виведіть найпростішу (емпіричну) формулу мінералу анортиту.

2. Виведіть формулу зразку мінералу лабрадору, який утворився при рівномірному заміщенні частини іонів ($\text{Ca}^{2+} + \text{Al}^{3+}$) в ґратці анортиту на ($\text{Na}^+ + \text{Si}^{4+}$) й містить 8,28% Ca.
3. Наведіть рівняння реакцій взаємодії анортиту з гарячими концентрованими розчинами H_2SO_4 , HF та NaOH.

При розрахунках використовуйте атомні маси елементів з одним знаком після коми.

Мінерал анортит із групи полевих шпатових мінералів містить масові частини 14,4% Ca, 46,0% O, а також елементи Al і Si. Однак показано, що деяке кількість пар іонів ($\text{Ca}^{2+} + \text{Al}^{3+}$) в кристалічній решітці анортиту, здатно заміщатися на пари ($\text{Na}^+ + \text{Si}^{4+}$) без суттєвого змінення параметрів кристалічній решітці (один із типів ізоморфного заміщення).

1. Виведіть простішу (емпіричну) формулу мінерала анортита.
2. Виведіть формулу зразка мінерала лабрадору, який утворився при рівномірному заміщенні частини іонів ($\text{Ca}^{2+} + \text{Al}^{3+}$) в решітці анортита на ($\text{Na}^+ + \text{Si}^{4+}$) і містить 8,28% Ca.
3. Приведіть рівняння реакцій взаємодії анортита з гарячими концентрованими розчинами H_2SO_4 , HF і NaOH.

При розрахунках використовуйте атомні маси елементів з одним знаком після коми.

Розв'язок

| | | | | | |
|-------------|------|-----|----------|--------|---------|
| 1. Анортит: | +2 | +3 | +4 | -2 | |
| | Ca, | Al, | Si, | O | |
| | 14,4 | x | (39,6-x) | 46,0 г | в 100 г |

Умова електронейтральності:

$$\frac{2 \cdot 14,4}{40,1} + \frac{3 \cdot x}{27,0} + \frac{4 \cdot (39,6-x)}{28,1} - \frac{2 \cdot 46,0}{16,0} = 0,$$

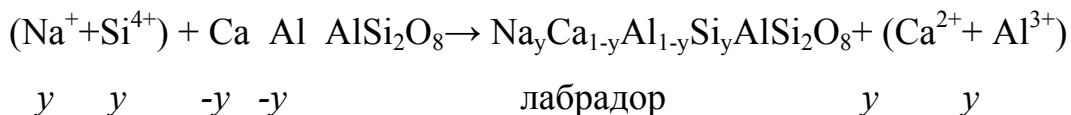
звідки $x = 19,37 \approx 19,4$.

$$n(\text{Ca}) : n(\text{Al}) : n(\text{Si}) : n(\text{O}) = \frac{14.1}{40.1} = \frac{19.4}{27.0} = \frac{20.2}{28.1} = \frac{46.0}{16.0} =$$

$$= 0,359 : 0,719 : 0,719 : 2,875 \approx 1 : 2 : 2 : 8.$$

Найпростіша формула анортиту – $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$.

2. Схема ізоморфного заміщення в анортиті:

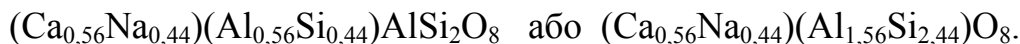


Масова частка кальцію в зразку лабрадору:

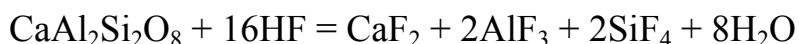
$$\frac{40,1 \cdot (1-y)}{23,0 \cdot y + 40,1 \cdot (1-y) + 27,0(1-y) + 28,1 \cdot y + 211,2} = 0,0828.$$

$$23,0 \cdot y + 40,1 \cdot (1-y) + 27,0(1-y) + 28,1 \cdot y + 211,2$$

З рівняння $y = 0,440$. Формула вказаного зразку лабрадору:



Сума коефіцієнтів при Na та Ca повинна дорівнювати 1,00, сума коефіцієнтів при Al та Si – 4,00.



Задача 4. Чи можливі такі взаємодії?

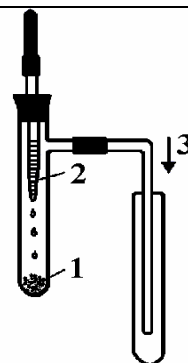
Чи можливі наступні типи хімічних взаємодій (у кожному випадку наведіть приклад відповідної хімічної реакції)?

1. Метал + сіль цього ж металу.
2. Кислота + інша кислота.
3. Сіль + сіль, при взаємодії утворюється кислота.
4. При додаванні розчину нітратної кислоти до розчину солі утворюється осад, який у надлишку кислоти не розчиняється.
5. При додаванні розчину нітратної кислоти до розчину солі утворюється осад, який у надлишку кислоти розчиняється.
6. Утворення солі при взаємодії солі та несолетворного оксиду

7. Одержання:

а) забарвленого газу (3) методом витіснення повітря, якщо до речовини 1 (тверда за звичайних умов) додають водний розчин речовини 2;

б) безбарвного газу (3) методом витіснення повітря, якщо до речовини 1 (тверда за звичайних умов) додають водний розчин речовини 2.



8. Газ + газ = немає газуватих продуктів реакції за звичайних умов.

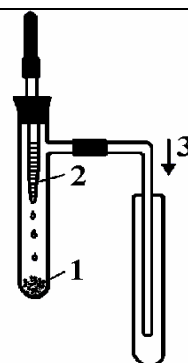
Возможны ли следующие типы химических взаимодействий (в каждом случае приведите пример соответствующей химической реакции).

1. Металл + соль этого металла.
2. Кислота + другая кислота.
3. Соль + соль, при взаимодействии образуется кислота.
4. При добавлении раствора азотной кислоты к раствору соли образуется осадок, который в избытке кислоты не растворяется.
5. При добавлении раствора азотной кислоты к раствору соли образуется осадок, который растворяется в избытке кислоты.
6. Образование соли при взаимодействии соли с несолеобразующим оксидом.

7. Получение:

а) окрашенного газа (3) методом вытеснения воздуха, если к веществу 1 (твердое при обычных условиях) добавляют водный раствор вещества 2;

б) неокрашенного газа (3) методом вытеснения воздуха, если к веществу 1 (твердое при обычных условиях) прибавляют водный раствор вещества 2.



8. Газ + газ = без образования газообразных продуктов реакции при н.у.

Розв'язок

Можливі відповіді:

1. $\text{Fe} + 2\text{FeCl}_3 = 3\text{FeCl}_2$.
2. $\text{H}_2\text{S} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц.}) = 4\text{SO}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$.
3. $\text{CuCl}_2 + \text{KHS} = \text{CuS}\downarrow + \text{HCl} + \text{KCl}$.
4. $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{HNO}_3 = \text{H}_2\text{SiO}_3\downarrow + 2\text{NaNO}_3$.
5. $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + 2\text{HNO}_3 = \text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaNO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$.
6. $\text{NO} + \text{KMnO}_4 = \text{KNO}_3 + \text{MnO}_2$.
- 7.

| | | |
|---|---------------------|-----------|
| a) 1 калій перманганат | 2. гідроген хлорид | 3. хлор |
| $2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} = 2\text{KCl} + 2\text{MnCl}_2 + 5\text{Cl}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ | | |
| b) 1 гідроген пероксид | 2. манган(IV) оксид | 3. кисень |
| $2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ | | |

8. $\text{SiH}_4 + \text{O}_2 = \text{SiO}_2\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$.

Задача 5. Ільменіт

Ільменіт – метатитанат заліза, мінерал бурого або буро-чорного кольору, є одним із основних мінералів титану. В Україні родовища ільменіту знайдено в Дніпровсько-Донецькій та Причорноморській впадинах. Промислова обробка ільменіту починається з взаємодії з концентрованою сірчаною кислотою при 180-200°C. Ферум(II) сульфат відокремлюють кристалізацією при охолодженні з водного розчину у виді так званого залізного купоросу, що на 45,3% (за масою) складається з води.

1. Визначте формулу ільменіту, якщо відомо що він складається лише з кисню, феруму та титану, причому масова частка титану практично така ж, як масова частка кисню, а мольні частки титану і феруму збігаються.
2. Наведіть рівняння реакції взаємодії ільменіту з сірчаною кислотою.

3. Виконавши розрахунки, визначте формулу залізного купоросу. До якого класу хімічних сполук він належить?

Ильменит – метатитанат железа, минерал бурого или буро-черного цвета, один из основных минералов титана. На Украине месторождения ильменита найдены в Днепроовско-Донецкой и Причерноморской впадинах. Промышленная обработка ильменита начинается с взаимодействия с концентрированной серной кислотой при 180-200°C. Сульфат железа(II) отделяют кристаллизацией при охлаждении из водного раствора в виде железного купороса, который на 45,3% (по массе) состоит из воды.

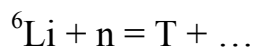
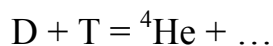
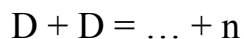
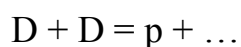
1. Определите формулу ильменита, если известно, что он состоит только из кислорода, железа и титана, причем массовая доля титана практически такая же, как массовая доля кислорода, а мольные доли титана и железа одинаковы.
2. Приведите уравнения реакции взаимодействия ильменита с серной кислотой.
3. Выполнив расчеты, определите формулу железного купороса. К какому классу химических соединений относится это вещество?

Відповідь

1. FeTiO_3 : Fe(36,8%) , Ti(31,6%), O(31,6%).
2. $\text{FeTiO}_3 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{TiOSO}_4 + \text{FeSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ або
 $\text{FeTiO}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Ti}(\text{SO}_4)_2 + \text{Fe}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$.
3. $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: кристалогідрат середньої солі.

Задача 6. Термоядерний синтез

Альберт Ейнштейн відкрив фундаментальний закон взаємоперетворення енергії та матерії. Так, при «зникненні» 1 атомної одиниці маси (а.о.м) виділяється 931 MeV енергії. На практиці це проявляється у виді величезного енергетичного ефекту при утворенні ядер атомів з нуклонів. Цей енергетичний ефект є основним джерелом енергії зірок, в надрах яких, завдяки величезним тиску та температурі, відбуваються термоядерні реакції – взаємодії протонів з нейтронами з утворенням ядер гелію та інших легких елементів. У земних умовах термоядерну реакцію вперше було реалізовано під час вибуху термоядерних зарядів. Основні процеси, які при цьому відбуваються, можна описати наступними рівняннями:



1. Закінчіть рівняння реакцій термоядерного синтезу.
2. Чому маса ядра атома не дорівнює сумі мас всіх протонів та нейтронів, з яких воно складається? Обчисліть різницю між цими масами (дефект маси) для ядра ${}^{209}\text{Bi}$ та енергію зв'язку цього ядра (енергію, яка виділяється при утворенні одного ядра атома з вільних нуклонів).
3. Однією з найважливіших характеристик ядра є питома енергія зв'язку – відношення енергії зв'язку ядра ($E_{\text{зв}}$) до кількості нуклонів (A). Розрахуйте $E_{\text{зв}}/A$ для ядер ${}^4\text{He}$, ${}^{59}\text{Co}$, ${}^{209}\text{Bi}$.

На рисунку подано графік залежності питомої енергії зв'язку ядра від кількості нуклонів.

Довідник

$$m_p = 1.0073 \text{ а.о.м.}$$

$$m_n = 1.0087 \text{ а.о.м.}$$

$$m_e = 5.4858 \cdot 10^{-4} \text{ а.о.м.}$$

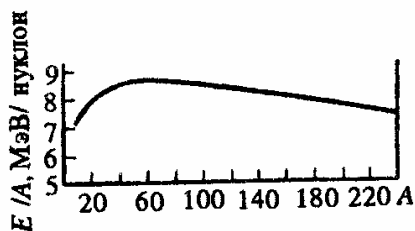
$$m({}^4\text{He}) = 4.0026 \text{ а.о.м.}$$

$$m({}^2\text{H}) = 2.0141 \text{ а.о.м.}$$

$$m({}^{59}\text{Co}) = 58,9332 \text{ а.о.м.}$$

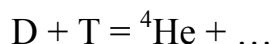
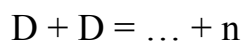
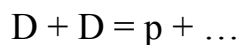
$$m({}^{209}\text{Bi}) = 208,98037$$

а.о.м.



- Користуючись графіком, поясніть, чому для „легких” ядер енергетично вигідними (супроводжуються виділенням енергії) є реакції термоядерного синтезу, а для „важких” – реакції радіоактивного розпаду?
- Обчисліть енергію (МеВ), що виділиться при утворенні одного ядра ${}^4\text{He}$ в ході гіпотетичної реакції: $\text{D} + \text{D} = {}^4\text{He}$.
- Величезні енергетичні ефекти ядерних реакції свідчать про те, що сили, які зв’язують нуклони в ядрі, є дуже великими. Чому ж тоді ядра всіх хімічних елементів не злилися між собою в одне гігантське ядро?

Альберт Эйнштейн открыл фундаментальный закон взаимопревращения энергии и материи. Так, при „исчезновении” 1 атомной единицы массы (а.е.м.) выделяется 931 МэВ энергии. Практически это проявляется в виде огромного энергетического эффекта при образовании ядер атомов из нуклонов. Этот эффект является основным источником энергии звезд, в недрах которых, благодаря огромным давлению и температуре, происходят термоядерные реакции – взаимодействие протонов с нейтронами с образованием ядер гелия и других легких элементов. В земных условиях термоядерная реакция была впервые осуществлена во время взрыва термоядерных зарядов. Основные процессы, которые при этом происходят, можно описать следующими уравнениями:



Для справки

$$m_{\text{p}} = 1.0073 \text{ а.е.м.}$$

$$m_{\text{n}} = 1.0087 \text{ а.е.м.}$$

$$m_{\text{e}} = 5.4858 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$$

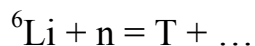
$$m({}^4\text{He}) = 4.0026 \text{ а.е.м.}$$

$$m({}^2\text{H}) = 2.0141 \text{ а.е.м.}$$

$$m({}^{59}\text{Co}) = 58,9332 \text{ а.е.м.}$$

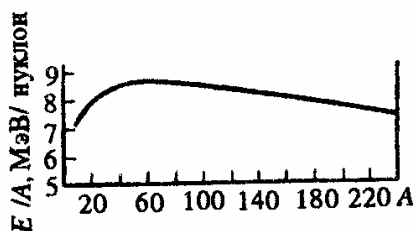
$$m({}^{209}\text{Bi}) = 208,98037$$

а.е.м.



1. Завершите уравнения реакций термоядерного синтеза.
2. Почему масса ядра атома не равна сумме масс всех протонов и нейтронов, из которых оно состоит? Рассчитайте разницу между этими массами (дефект массы) для ядра ${}^{209}\text{Bi}$ и энергию связи этого ядра (энергию, которая выделяется при образовании одного ядра атома из свободных нуклонов).
3. Одной из важнейших характеристик атомного ядра является удельная энергия связи – отношение энергии связи ядра ($E_{\text{св}}$) к числу нуклонов (A). Рассчитайте соотношение $E_{\text{св}}/A$ для ядер ${}^4\text{He}$, ${}^{59}\text{Co}$, ${}^{209}\text{Bi}$.

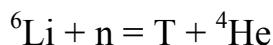
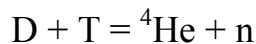
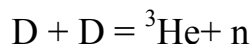
На рисунке приведен график зависимости удельной энергии связи ядра от числа нуклонов в нем.



4. Используя эту зависимость, объясните, почему для «легких» ядер энергетически выгодными (сопровождаются выделением энергии) являются реакции термоядерного синтеза, а для «тяжелых» – радиоактивного распада?
5. Рассчитайте энергию (MeV), которая выделится при образовании одного ядра ${}^4\text{He}$ в процессе гипотетической реакции: $\text{D} + \text{D} = {}^4\text{He}$.
6. Огромные энергетические эффекты ядерных реакций указывают на то, что силы, связывающие нуклоны в ядре, являются очень большими. Объясните, почему до сих пор ядра всех химических элементов не слились между собой в одно гигантское ядро?

Розв'язок

$$1. \quad D + D = p + T$$



2. Причиною є перетворення маси в енергію, яка виділяється при утворенні ядра з нуклонів. Дефект маси:

$$\Delta m = Z(m_p + m_e) + (A-Z)m_n - m_{\text{ізотопу}}$$

$$\Delta m({}^{209}\text{Bi}) = 83(1.0073 + 5.4858 \cdot 10^{-4}) + 126 \cdot 1.0087 - 208,98037 = \mathbf{1.76726}$$

а.о.м.

$$E_{\text{зв}} = 1.76726 \cdot 931 = \mathbf{1645,32 \text{ MeV.}}$$

3. Знайдемо дефекти мас:

$$\Delta m({}^4\text{He}) = 2(1.0073 + 5.4858 \cdot 10^{-4}) + 2 \cdot 1.0087 - 4,0026 = 0,03050 \text{ а.о.м.}$$

$$\Delta m({}^{59}\text{Co}) = 27(1.0073 + 5.4858 \cdot 10^{-4}) + 32 \cdot 1.0087 - 58,9332 = 0,55711$$

а.о.м.

$$\Delta m({}^{209}\text{Bi}) = 1.76726 \text{ а.о.м.}$$

Знайдемо питомі енергії зв'язку ядер:

$$E_{\text{зв}}/A({}^4\text{He}) = 0,03050 \cdot 931 / 4 = \mathbf{7,10 \text{ MeV/нуклон}}$$

$$E_{\text{зв}}/A({}^{59}\text{Co}) = 0,55711 \cdot 931 / 59 = \mathbf{8,79 \text{ MeV/нуклон}}$$

$$E_{\text{зв}}/A({}^{209}\text{Bi}) = 1.76726 \cdot 931 / 209 = \mathbf{7,87 \text{ MeV/нуклон}}$$

4. Енергія виділятиметься в ході реакції, якщо питома енергія зв'язку продуктів буде перевищувати питому енергію зв'язку реагентів. З графіка видно, що для легких ядер це може бути реалізовано тільки при реакції синтезу (утворення ядра з більшим числом нуклонів), а для важких – розкладу.

5. Знайдемо енергії зв'язку для ядер ${}^4\text{He}$ та Дейтерію:

$$\Delta m(D) = 1.0073 + 5.4858 \cdot 10^{-4} + 1.0087 - 2.0141 = 0.00245 \text{ а.о.м.}$$

$$E_{\text{зв}}(D) = 0.00245 \cdot 931 = 2,28 \text{ MeV}$$

$$E_{\text{зв}}(^4\text{He}) = 0,03050 \cdot 931 = 28,40 \text{ MeV}$$

Таким чином, при утворенні ^4He з дейтерію виділяється $28,40 - 2 \cdot 2,28 = 23,8$ MeV енергії.

6. Гігантське ядро не утворилося тому, що в ядрах, окрім сил притягання, є електростатичні сили відштовхування між протонами. Зі збільшенням кількості протонів це відштовхування збільшується, призводячи до руйнування ядра – радіоактивного розпаду.

9 клас

Задача 1. Алкани

Відомі мольні теплоти згорання (Q) перших шести членів нормального ряду алканів (C_nH_{2n+2} з нерозгалуженим карбоновим ланцюгом).

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------|-------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Q , кДж/моль | 889.5 | 1549. 9 | 2217. 9 | 2879. 2 | 3541. 2 | 4171. 6 |

1. Визначте залежність Q від n .
2. Виведіть формулу, що виражає мольні теплоти згорання алканів через енергії зв'язків C–H, C–C, O–H, O=O, C=O та значення n і слугує теоретичним підґрунтям залежності, знайденої вами в п.1.
3. За одержаною в п.1. формулою розрахуйте мольну теплоту згорання н-гексадекана ($C_{16}H_{34}$). Розрахуйте абсолютну і відносну похибки отриманого вами значення, якщо відомо, що експериментально визначена теплота згорання н-гексадекана складає $-10709,2$ кДж/моль.

Известны мольные теплоты сгорания (Q) первых шести членов нормального ряда алканов (C_nH_{2n+2} с неразветвленным углеродным скелетом).

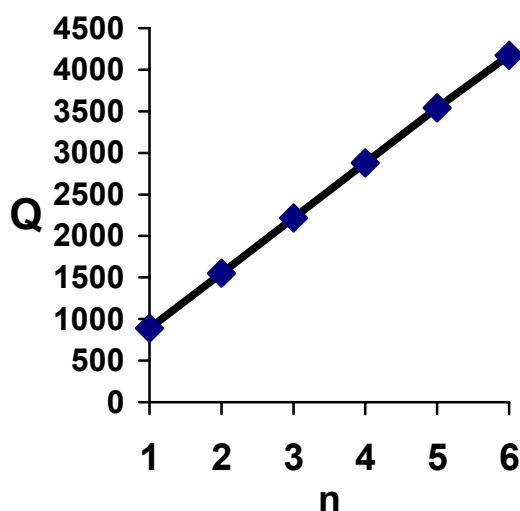
| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------|-------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Q , кДж/моль | 889,5 | 1549, 9 | 2217, 9 | 2879, 2 | 3541, 2 | 4171, 6 |

1. Найдите зависимость Q от n .
2. Выведите формулу, выражающую мольные теплоты сгорания через энергии связей C–H, C–C, O–H, O=O, C=O и значения n . Эта формула служит теоретическим основанием зависимости, найденной в п.1.
3. По полученной в п.1. формуле рассчитайте мольную теплоту сгорания н-гексадекана ($C_{16}H_{34}$). Рассчитайте абсолютную и относительную ошибки полученного вами значения, если известно, что экспериментально

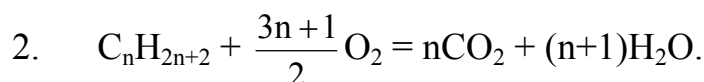
определенная теплота сгорания н-гексадекана составляет 10709,2 ккал/моль.

Розв'язок

1. Побудуємо графік залежності Q від n :



Має місце лінійна залежність $Q = An + B$, де $A = 662,9$, $B = 226,5$.



Виразимо мольну теплоту згорання через мольні енергії зв'язків (E):

$$Q = 2n \cdot E(C=O) + (2n+2) \cdot E(O-H) - (n-1) \cdot E(C-C) - (2n+2) \cdot E(C-H) - \frac{3n+1}{2} \cdot E(O=O).$$

Звідси

$$Q = n \times \{2E(C=O) + 2E(O-H) - 2E(C-H) - E(C-C) - 3/2E(O=O)\} + \{2E(O-H) + E(C-C) - 2E(C-H) - 1/2E(O=O)\}. \quad (1)$$

При виводі формули використовували припущення, що при переході від одного алкану нормального ряду до іншого енергії зв'язків $C-H$, $C-C$ є незмінними.

3. Мольна теплота згорання н-гексадекану $C_{16}H_{34}$

$$Q = 16 \cdot 662,9 + 226,5 = 10832,9 \text{ (кДж/моль)}.$$

Абсолютна похибка

$$\Delta = 10832,9 - 10709,2 = 123,7 \text{ (кДж/моль)},$$

відносна похибка

$$\delta = 123,7 / 10709,2 \times 100 \% = 1,16 \%$$

Задача 2. Горіння

При 600°C метал **A** масою 4,00 г повністю згоряє в газі **B**. При цьому утворюється суміш двох твердих речовин **E** та **F**. При розчиненні цієї суміші у 100 г розчину кислоти **C** з масовою часткою 12,19% утворюється розчин речовини **D** з масовою часткою 14,87% та залишається 1,00 г нерозчинної простої речовини **E**.

Масова частка гідрогену в кислоті **C** становить 2,74%. Газ **B** є одним з компонентів повітря. Речовини реагують у стехіометричних кількостях. Реакції перебігають до кінця.

1. Розшифруйте речовини **A–F**.
2. Напишіть рівняння всіх згаданих реакцій.
3. Як можна загасити палаючий метал **A**?

При 600°C металл **A** массой 4,00 г полностью сгорает в газе **B**. При этом образуется смесь двух твердых веществ **E** и **F**. При растворении этой смеси в 100 г раствора кислоты **C** с массовой долей 12,19% образуется раствор вещества **D** с массовой долей 14,87% и остается 1,00 г нерастворимого простого вещества **E**.

Массовая доля водорода в кислоте **C** равна 2,74%. Газ **B** – один из компонентов воздуха. Вещества реагируют в стехиометрических количествах. Реакции протекают до конца.

1. Расшифруйте вещества **A–E**.
2. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.
3. Как можно погасить горящий металл **A**?

Розв'язок

1. Спочатку визначимо кислоту **C**. Для цього знайдемо молярну масу еквівалентів кислотного залишку $M_{e, \text{залишок}} = M_{\text{H}} \cdot (100 - 2,74) / 2,74 = 35,5$ (г/моль). Отже, кислота **C** – HCl.

При згорянні метал **A** дає сполуку **F**, яка розчиняється в соляній кислоті. Можна уявити, що **D** – це хлорид металу **A**.

Кількість речовини HCl, що прореагувала з **F**,

$$n(\text{HCl}) = \frac{m(p-n) \cdot w(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} = \frac{100 \cdot 0,1219}{36,5} = 0,334 \text{ (моль)}.$$

Молярна маса еквівалентів металу **A**

$$M_{e,A} = m(A) / n(\text{HCl}) = 4,00 / 0,334 \approx 12 \text{ (г/моль)}.$$

| Ступінь окиснення A | M_A , г/моль | метал |
|-------------------------------|----------------|-------|
| 1 | 12 | |
| 2 | 24 | Mg |
| 3 | 36 | |
| 4 | 48 | Ti |
| 5 | 60 | |
| 6 | 72 | |
| 7 | 84 | |

Знайдемо масу металу **D** (ACl_x).

$$m(\text{ACl}_x) = (M_{e,A} + 35,5) \cdot n_{\text{екв}}(\text{ACl}_x) = (12 + 35,5) \cdot 0,334 = 15,865 \text{ (г)}.$$

Маса розчину хлориду

$$m(p-n \text{ ACl}_x) = \frac{m(\text{ACl}_x)}{w(\text{ACl}_x)} = \frac{15,865}{0,1487} = 106,69 \text{ (г)}.$$

Тоді маса речовини **F**, утвореної при згорянні металу **A** в газі **B**, $m_F = 106,69 - 100 = 6,69$ (г), а молярна маса еквівалентів **F** $M_{e,F} = 6,69 / 0,334 = 20$ (г).

Ця величина є сумою молярних мас еквівалентів металу **A** та молярних мас еквівалентів інших елементів, що входять до складу **F**. Остання сума дорівнює

8 г/моль, що відповідає оксигену. Отже, **F** – це оксид. Оскільки оксид TiO_2 не розчиняється в розведній соляній кислоті, робимо висновок, що метал **A** – це Mg, а речовина **F** – MgO .

З умови випливає, що газ **B** є бінарним оксидом. Масова частка оксигену в газі **B** $w(\text{O}) = \frac{6,69 - 4,00}{1,00 + 6,69 - 4,00} = 0,73$, що відповідає CO_2 . Речовина **E** – це C.

2. Рівняння реакцій



3. Магній не можна загасити водою, оскільки він з нею реагує з утворенням водню, який з киснем дає гримучу суміш. Не можна загасити магній і вуглекислим газом. Припинити доступ кисню до палаючого магнію можна, засипавши його піском, хоча з ним магній і взаємодіє, але зі значно меншим виділенням теплоти.

Задача 3. Середня сіль

При нагріванні 14,30 г кристалічної сполуки **A** до 32°C утворився лише розчин середньої солі **B** з масовою часткою розчиненої речовини 37,06%. Отриманий розчин розділили на дві рівні частини. До першої частини додали надлишок розчину $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а до другої – надлишок розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$. При цьому утворились білі осаді (різні середні солі однієї оксигеновмісної кислоти) масою 2,50 г та 4,93 г, відповідно.

1. Визначте сполуки **A** та **B**.
2. Наведіть рівняння відповідних реакцій.
3. Розрахуйте рН розчину солі **B** (густина $\rho = 1,200$ г/мл).

За температури досліду для кислоти, що утворює аніон солі **B**, $K_{a2} = 5,20 \cdot 10^{-11}$, іонний добуток води $K_w = 1 \cdot 10^{-14}$.

При нагріванні 14,30 г кристалічного соединения **A** до 32°C образовался только раствор средней соли **B** с массовой долей растворенного

вещества 37,06%. Полученный раствор разделили две равные части. К первой части добавили избыток раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а ко второй – избыток раствора $\text{Ba}(\text{OH})_2$. При этом образовались белые осадки (разные средние соли одной кислородсодержащей кислоты) массой 2,50 г и 4,93 г, соответственно.

1. Определите соединения **A** и **B**.
2. Приведите уравнения соответствующих реакций.
3. Рассчитайте pH раствора соли **B** (плотность $\rho = 1,200$ г/мл).

При температуре опыта для кислоты, образующей анион соли **B**, $K_{a2} = 5,20 \cdot 10^{-11}$, ионное произведение воды $K_w = 1 \cdot 10^{-14}$.

Розв'язок

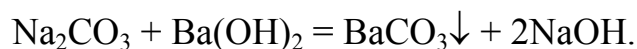
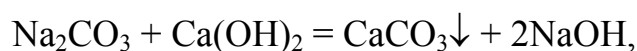
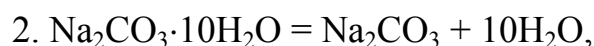
1. Позначимо сіль **B** Kat_aAn_b . За законом еквівалентів,

$$\frac{M_e(\text{An}) + 20}{M_e(\text{An}) + 68,7} = \frac{2,5}{4,93}, \text{ звідки } M_e(\text{An}) = 30 \text{ г/моль, тобто An – це } \text{CO}_3^{2-}. \text{ Молярна}$$

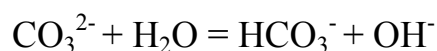
$$\text{маса еквівалентів катіону } M_e(\text{Kat}) = \frac{14,3 \times 0,3706 \times 50}{2 \times 2,5} - 30 = 23 \text{ (г/моль), звідси}$$

$\text{Kat} - \text{Na}^+$, а сіль **B** – Na_2CO_3 .

Оскільки при розкладі сполуки **A** утворився лише розчин солі **B**, то **A** – кристалогідрат складу $\text{B} \cdot n\text{H}_2\text{O}$. $n = \frac{62,94/18}{37,06/106} = 10$, тобто **A** – $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.



3. Кількість речовини $n(\text{CO}_3^{2-}) = 14,3 \text{ г} / 286 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,05 \text{ моль}$. Об'єм розчину $V = 14,3 \text{ г} / 1,2 \text{ г} \cdot \text{мл}^{-1} = 11,92 \text{ мл} = 1,192 \cdot 10^{-2} \text{ л}$, загальна концентрація $t(\text{CO}_3^{2-}) = 0,05 / 1,192 \cdot 10^{-2} = 4,20 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$.



$$[] \quad t-x \quad \quad \quad x \quad \quad \quad x$$

$$x^2 / (t-x) = K_w / K_{a2} = 10^{-14} / 5,2 \cdot 10^{-11} = 1,92 \cdot 10^{-4},$$

$$x = [\text{OH}^-] = 2,84 \cdot 10^{-2} \text{ (моль/л), pH} = 12,45.$$

Задача 4. Озон

Фотохімічна реакція розкладу озону $2\text{O}_3 = 3\text{O}_2$ перебігає у дві стадії за таким механізмом:

перша стадія: $\text{O}_3 = \text{O}_2 + \text{O}$ (оборотна, рівновага встановлюється швидко),

друга стадія: $\text{O} + \text{O}_3 = 2\text{O}_2$ (необоротна повільна стадія).

1. Виходячи із запропонованого механізму реакції, запропонуйте кінетичне рівняння швидкості реакції розкладу озону.

2. Як зміниться швидкість реакції, якщо у системі вдвічі збільшити тиск?

3. Що таке «озонові діри»? Як пояснюють їх появу?

Фотохимическая реакция разложения озона $2\text{O}_3 = 3\text{O}_2$ проходит в две стадии по такому механизму:

первая стадия: $\text{O}_3 = \text{O}_2 + \text{O}$ (обратимая, равновесие устанавливается быстро),

вторая стадия: $\text{O} + \text{O}_3 = 2\text{O}_2$ (необратимая медленная стадия).

1. Исходя из предложенного механизма реакции, предложите кинетическое уравнение скорости реакции разложения озона.

2. Как изменится скорость реакции, если в системе увеличить вдвое давление?

3. Что такое «озоновые дыры»? Как объясняют их появление?

Розв'язок

1. Швидкість складної реакції визначається найповільнішою (лімітуючою) стадією. У нашому випадку це друга стадія.

Тоді $V = k_2 \cdot p(\text{O}) \cdot p(\text{O}_3)$, де p – парціальні тиски.

Оскільки рівновага першої стадії встановлюється швидко, вірним є вираз для константи рівноваги $K_1 = p(\text{O}_2) \cdot p(\text{O}) / p(\text{O}_3)$, звідки $p(\text{O}) = K_1 \cdot p(\text{O}_3) / p(\text{O}_2)$.

Комбінуючи одержані рівняння, одержуємо: $V = k_2 \cdot K_1 \cdot p^2(\text{O}_3) / p(\text{O}_2) = k \cdot p^2(\text{O}_3) / p(\text{O}_2)$.

2. З кінетичного рівняння витікає, що збільшення тиску в системі вдвічі призведе до збільшення швидкості реакції у стільки ж раз.

3. Озонові діри – це зменшення концентрації озону у стратосфері. Озонові дірки виникають підчас полярної ночі, коли за відсутності УФ-радіації синтез озону припиняється, а розпад продовжується.

Задача 5. Цікаві кислоти

Речовину **A**, утворену елементом **X**, вперше отримав в 1669 році німецький алхімік шляхом нагрівання сечі з піском.

У 1847 році нагріванням **A** до температури 450-500°C в атмосфері CO в запаяній ампулі австрійський хімік А. Шреттер добув речовину **B**.

В 1914 році американський хімік П.У. Бріджмен нагріванням **A** при температурі 200°C під тиском 12000 атм добув речовину **C**.

Відомо, що **A** розчиняється у водних розчинах лугів; при розчиненні в NaOH утворюються газ **D** і сполука **E** (масова частка натрію 26,14%). Дією кислот на **E** можна отримати кислоту **F**.

При згорянні **A** в надлишку кисню утворюється оксид елемента **X**, взаємодія якого з надлишком води веде до утворення кислоти **H**.

A реагує з хлором з утворенням речовин **K** (недостаток хлору) або **L** (надлишок хлору). При розчиненні **K** і **L** в воді утворюються кислоти **M** і **N** або **M** і **H** відповідно.

1. Назвіть ім'я німецького алхіміка, який відкрив речовину **A**.
2. Назвіть елемент **X**.
3. Розшифруйте речовини **A**, **B** і **C**. В чому особливості їх будови?
4. Як зараз у промисловості отримують речовину **A**? Складіть рівняння реакції.
5. Запишіть формулу оксиду елемента **X** і розшифруйте сполуки **D-N**.
6. Складіть рівняння всіх описаних реакцій.
7. Визначте ступені окиснення елемента **X** у кислотах **F**, **H**, **M**.

8. Вкажіть основність кислот **F**, **H**, **M**, зобразіть будову їхніх аніонів.
9. Складіть рівняння реакцій речовини **A** з кальцієм, нітратною кислотою, бертолетовою сіллю.

Вещество **A**, образованное элементом **X**, впервые получил в 1669 году немецкий алхимик путем нагревания мочи с песком.

В 1847 году нагреванием **A** до температуры 450-500°C в атмосфере **CO** в запаянной ампуле австрийский химик А. Шреттер получил вещество **B**.

В 1914 году американский химик П.У. Бриджмен, нагревая **A** при температуре 200°C под давлением 12000 атм, получил вещество **C**.

Известно, что **A** растворяется в водных растворах щелочей; при растворении в **NaOH** образуются газ **D** и вещество **E** (массовая доля натрия 26,14%). Действием кислот на **E** можно получить кислоту **F**.

При сгорании **A** в избытке кислорода образуется оксид элемента **X**, взаимодействие которого с избытком воды приводит к образованию кислоты **H**.

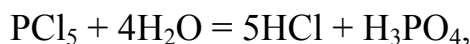
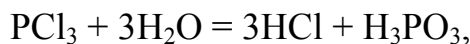
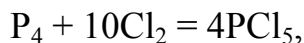
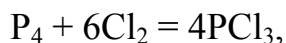
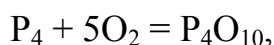
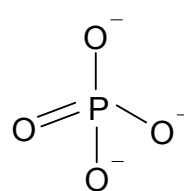
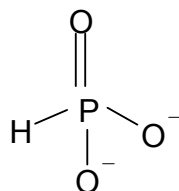
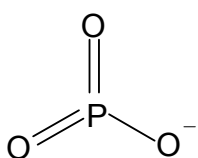
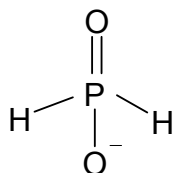
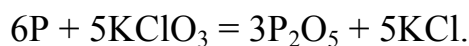
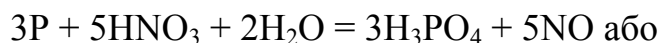
A реагирует с хлором с образованием веществ **K** (недостаток хлора) или **L** (избыток хлора). При растворении **K** и **L** в воде получают кислоты **M** и **N** или **M** и **H** соответственно.

1. Назовите немецкого алхимика, открывшего вещество **A**.
2. Назовите элемент **X**.
3. Расшифруйте вещества **A**, **B** и **C**. В чем особенности их строения?
4. Как сейчас в промышленности получают вещество **A**? Составьте уравнение реакции.
5. Запишите формулу оксида элемента **X** и расшифруйте вещества **D-N**.
6. Составьте уравнения всех описанных реакций.
7. Определите степени окисления элемента **X** в кислотах **F**, **H**, **M**.
8. Укажите основность кислот **F**, **H**, **M**, изобразите строение их анионов.
9. Составьте уравнения реакций вещества **A** с кальцием, азотной кислотой, бертолетовой солью.

Розв'язок

1. Бранд.

2. Р.

3. А – білий фосфор P_4 , В – червоний фосфор $(P_4)_n$, С – чорний фосфор.4. $Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 + 5C = 3CaSiO_3 + 2P + 5CO$.5. Оксид P_4O_{10} (P_2O_5), **D** – PH_3 , **E** – NaH_2PO_2 , **F** – H_3PO_2 , **H** – H_3PO_4 , **K** – PCl_3 ,
L – PCl_5 , **M** – HCl , **N** – H_3PO_3 .6. $P_4 + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3NaH_2PO_2$,7. **F** – $H_3P^{+1}O_2$, **H** – $H_3P^{+5}O_4$, **N** – $H_3P^{+3}O_3$.8. H_3PO_2 – одноосновна, H_3PO_3 – двохосновна, H_3PO_4 – трьохосновна.9. $2P + 3Ca = Ca_3P_2$,

Задача 6. Синтез

Школяр, вирішивши отримати речовину **A**, осадив її з розчину та вилив розчин з білим осадом на фільтр, але тут був вимушений відлучитися на декілька тижнів. Коли школяр повернувся, він побачив, що внаслідок

часткового розкладу **A** осад на фільтрі почорнів. Для того щоб з'ясувати, чи можна регенерувати речовину **A**, він розділив осад на фільтрі на дві рівні частини по 1,543 г. При обробці однієї частини надлишком водного розчину аміаку він отримав чорну речовину **B** та прозорий розчин, з якого можна виділити лише 1,775 г речовини **B** (вона не є гідратом). Після обробці другої частини нітратною кислотою залишилося 1,435 г білого осаду **A** та утворився прозорий розчин речовини **Г**, на осаджувальне титрування якого витрачається 20,00 мл 0,05 М розчину NaCl. При прожарюванні осаду **A** з содою з наступним промиванням водою було отримано 1,08 г нерозчинної речовини **B**.

1. Визначте зашифровані речовини та масові частки речовин у суміші, утвореній внаслідок часткового розкладу речовини **A**.
2. Напишіть рівняння згаданих в умові перетворень.

Школьник, решив получить вещество **A**, осадил его из раствора и вылил раствор с белым осадком на фильтр, но тут был вынужден отлучиться на несколько недель. Когда школьник вернулся, то увидел, что вследствие частичного разложения **A** осадок на фильтре почернел. Для того чтобы выяснить, можно ли регенерировать вещество **A**, он разделил осадок на фильтре на две равные части по 1,543 г. При обработке одной части избытком водного раствора аммиака он получил черное вещество **B** и прозрачный раствор, из которого можно выделить только 1,775 г вещества **B** (оно не является гидратом). После обработки второй части азотной кислотой осталось 1,435 г белого осадка **A** и образовался прозрачный раствор, в котором находится вещество **Г**, на осадительное титрование которого расходуется 20,00 мл 0,05 М раствора NaCl. При прокаливании осадка **A** с содой с последующим промыванием водой было получено 1,08 г нерастворимого вещества **B**.

1. Определите зашифрованные вещества и массовые доли веществ в смеси, образовавшейся вследствие частичного разложения вещества **A**.
2. Напишите уравнения упомянутых в условии превращений.

Розв'язок

1. При обробці азотною кислотою розчинилося $1,543 - 1,435 = 0,108$ г однієї зі складових наважки. Молярна маса еквівалентів розчиненої речовини дорівнює $1,435 / (20,00 \times 0,05) = 108$ (г/моль), що відповідає сріблу. Тоді Г – це AgNO_3 , Б – срібло.

Молярна маса еквівалентів аніона солі А дорівнює

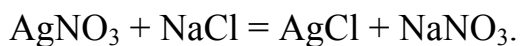
$$(1,435 - 1,08) \times 108 / 1,08 = 35,5 \text{ (г/моль)}, \text{ тобто А – це } \text{AgCl}.$$

Речовина В є продуктом приєднання аміаку до хлориду срібла. Мольне співвідношення

$$\text{AgCl}/\text{NH}_3 = (1,435/143,5) / (1,775-1,435)/17 = 1/2,$$

тобто В це – $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$.

2. Масові частки: $w(\text{Ag}) = 100 \times 0,108 / 1,543 = 7,00\%$, $w(\text{AgCl}) = 93\%$.

**Задача 7. Цікаві досліди**

Якось Юний хімік Ваня допомагав вчительці прибирати шафу з реактивами. На старій банці етикетка пошкодилася настільки, що її вже неможливо прочитати. Щоб з'ясувати, яка сполука А міститься в банці, Ваня провів серію дослідів.

Спочатку він розчинив сполуку у воді та обробив розчином КОН. При цьому випав сіро-зелений осад Б, при додаванні до якого надлишку лугу утворився розчин сполуки В зеленого кольору. При обробці цього лужного розчину H_2O_2 утворився забарвлений у жовтий колір розчин речовини Г. В кислому середовищі розчин Г змінював забарвлення на оранжеве (внаслідок утворення солі Д), а в лужному знову ставав жовтим.

Іншу порцію розчину **A** Ваня обробив розчином BaCl_2 , але жодних змін не відбулося. При додаванні розчину AgNO_3 до ще однієї порції розчину **A** утворився білий осад **E**, що розчинився при додаванні до нього водного розчину NH_3 .

1. Встановіть формули сполук **A** – **E**, якщо додатково відомо, що сполука **B** при нагріванні розкладається з утворенням темно-зеленого оксиду, масова частка кисню в якому становить 31.6%.
2. Напишіть рівняння перетворень, зазначених в умові.
3. Яка реакція середовища розчину солі **D**? Поясніть, чому.

Юный химик Ваня помогал учительнице убирать шкаф с реактивами. На старой банке этикетка оказалась поврежденной настолько, что ее было невозможно прочесть. Для того чтобы выяснить, что за соединение **A** хранится в банке, Ваня провел серию опытов.

Сначала он растворил соединение в воде и обработал раствором KOH . При этом выпал серо-зеленый осадок **B**, при добавлении к которому избытка щелочи образовался раствор соединения **B** зеленого цвета. При обработке этого щелочного раствора H_2O_2 образовался окрашенный в желтый цвет раствор вещества **G**. В кислой среде раствор **G** изменял окраску на оранжевую (вследствие образования соли **D**), а в щелочной снова желтел.

Другую порцию раствора **A** Ваня обработал раствором BaCl_2 , но никаких изменений не наблюдалось. При добавлении раствора AgNO_3 к еще одной порции раствора **A** образовался белый осадок **E**, растворившийся при добавлении к нему водного раствора NH_3 .

1. Установите формулы соединений **A** – **E**, если дополнительно известно, что соединение **B** при нагревании разлагается с образованием темно-зеленого оксида, массовая доля кислорода в котором составляет 31.6%.
2. Напишите уравнения превращений, упомянутых в условии.
3. Какова реакция среды раствора соли **D**? Объясните, почему.

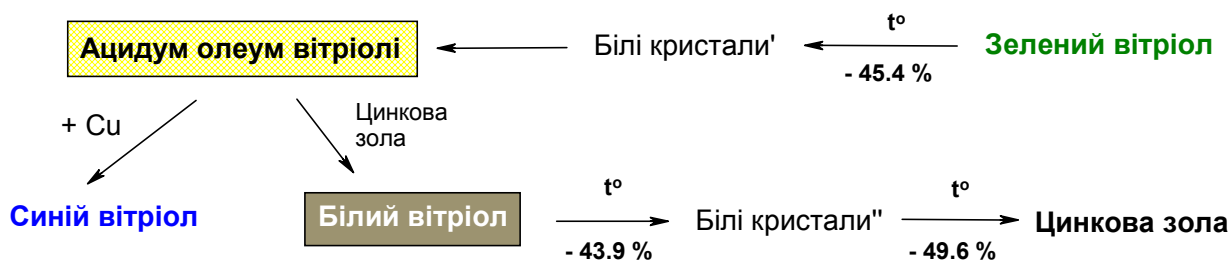
Розв'язок

1. Темно-зелений оксид – це Cr_2O_3 . А – CrCl_3 , Б – $\text{Cr}(\text{OH})_3$, В – $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$, Г – K_2CrO_4 , Д – $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Е – AgCl .
2. $\text{CrCl}_3 + 3\text{KOH} = \text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{KCl}$,
 $\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{KOH} = \text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$,
 $2\text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + 3\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 2\text{KOH} + 8\text{H}_2\text{O}$,
 $2\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$,
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 2\text{KOH} = 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$,
 $\text{CrCl}_3 + 3\text{AgNO}_3 = 3\text{AgCl}\downarrow + \text{Cr}(\text{NO}_3)_3$,
 $\text{AgCl} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl} + 2\text{H}_2\text{O}$,
 $2\text{Cr}(\text{OH})_3 = \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$.
3. Середовище слабокисле: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{CrO}_4^{2-} + \text{H}^+$.

10 клас

Задача 1. Вітріоли

Іоганн Глаубер (1604–1668) є одним з перших хіміків, який зробив вагомий внесок у розвиток хімії. Одного разу він проводив в своїй лабораторії дослід. Він заповнив реторту світло-зеленими кристалами («зеленим вітріолом») та, помістивши її в піч, розвів сильне вогнище. Спочатку кристали почали плавитися; після цього вся маса знебарвилася, а з відводу реторти почали стікати краплини прозорої рідини. Коли вогнище розгорілось ще сильніше, в реторті з'явилися густі білі клуби диму і з відводу почала стікати масляниста рідина, яку Глаубер називав «ацидум олеум вітріолі». Цю рідину Глаубер зібрав і до її частини додав мідну руду, яку він привіз з Гарцу, і підігрів, причому після відстоювання протягом ночі осаджувались красиві сині кристали («синій вітріол»). Також додаванням до згаданої рідини «цинкової золи» він за аналогічною процедурою отримувал «білий вітріол»:



1. Що таке реторта? Розшифруйте всі згадані в задачі невідомі речовини, враховуючи, що «білий вітріол» ізоморфний «зеленому вітріолу».

2. Напишіть рівняння згаданих реакцій.

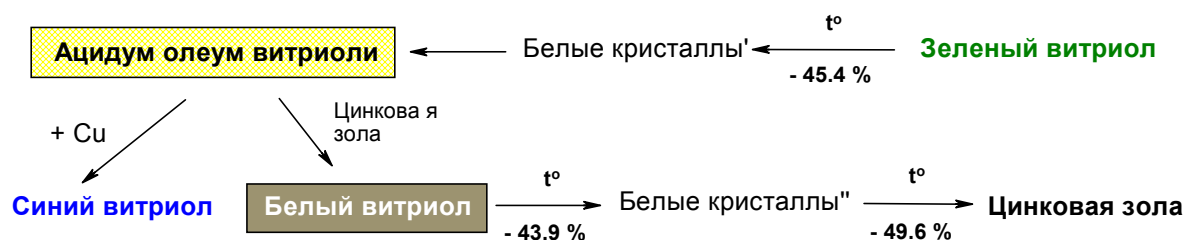
Головною складовою однієї з мідних руд є бінарний мінерал, який містить 66.5% купруму.

3. Що це за мінерал?

4. Де в наш час знаходиться використання «ацидум олеум вітріолі»?

Іоганн Глаубер (1604–1668) являється одним из первых химиков, сделавших весомый вклад в развитие химии. Однажды он проводил в своей лаборатории опыт. Он заполнил реторту светло-зелеными кристаллами

(«зеленым витриолом») и, поместив ее в печь, развел сильный очаг. Сначала кристаллы стали плавиться; после этого вся масса обесцветилась, а из отвода реторты стали стекать капли прозрачной жидкости. Когда огонь разгорелся еще сильнее, в реторте появились густые белые клубы дыма и из отвода стала стекать маслянистая жидкость, которую Глаубер называл «ацидум олеум витриоли». Эту жидкость Глаубер собрал и к ее части прибавил медную руду, которую он привез из Гарца, и подогрел, причем после отстаивания на протяжении ночи осаждались красивые синие кристаллы («синий витриол»). Также добавлением к упомянутой жидкости «цинковой золы» он по аналогичной процедуре получал «белый витриол»:



1. Что такое реторта? Расшифруйте все упомянутые в задаче неизвестные вещества, учитывая, что «белый витриол» изоморфен «зеленому витриолу».

2. Напишите уравнения упомянутых реакций.

Главной составляющей одной из медных руд является бинарный минерал, который содержит 66.5% меди.

3. Что это за минерал?

4. Где в наше время находит использование «ацидум олеум витриоли»?

Розв'язок

1. Реторта – аппарат, який використовується для перегонки або здійснення реакцій, які потребують нагрівання та проходять з виділенням газів чи утворенням легко киплячих рідин, які будуть безпосередньо піддаватися перегонці.



Почнемо з цинкової золи. Оскільки вона утворюється при прожаренні білих кристалів, то, скоріше за все, це ZnO. Визначимо молярну масу білих кристалів:

$$M = \frac{M_{\text{ZnO}} \cdot 100\%}{(100 - 49.6)\%} = \frac{81.38 \cdot 100}{50.4} = 161.5 \text{ (г / моль)}.$$

Якщо білі кристали ZnX, то $M(X) \approx 163 - 65 = 96$ (г/моль).

Це може бути SO_4^{2-} або HPO_4^{2-} . Білий вітріол має молекулярну масу:

$$M = \frac{161.5 \cdot 100\%}{100\% - 43.8\%} = 287.4 \text{ г / моль}.$$

Тепер визначимо кількість кристалізаційної води:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{287.4 - 161.5}{18} \approx 7, \text{ отже, білий вітріол - це } \text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \text{ (} \text{ZnHPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$$

не підходить).

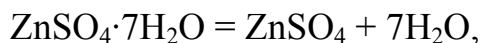
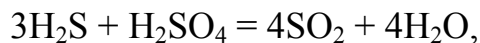
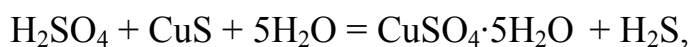
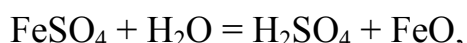
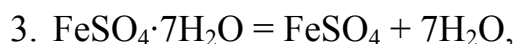
Тоді «Ацидум олеум вітріолі» – сірчана кислота H_2SO_4 .

«Синій вітріол» – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (а не CuSO_4).

«Зелений вітріол» запишемо як $\text{MSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Тоді молярна маса білих кристалів MSO_4

$M(\text{MSO}_4) = (7 \times 18 / 0.453 - 7 \times 18) \text{ г/моль} \approx 152 \text{ г/моль}$, тобто «зелений вітріол» – це $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Краплини прозорої рідини – H_2O .



4. Оскільки мінерал є бінарним, то масова частка другого елемента становить 33.5%, і за законом еквівалентів

$$\frac{M_e(\text{Cu})}{M_e(\text{E})} = \frac{w(\text{Cu})}{w(\text{E})} \Rightarrow M_e(\text{E}) = \frac{M_e(\text{Cu}) \cdot w(\text{E})}{w(\text{Cu})} = \frac{31.8 \cdot 33.5}{66.5} \approx 16 \text{ (г/моль)}.$$

Елемент – сульфур, мінерал – CuS .

5. Сульфатна кислота – важливий продукт хімічної промисловості. Її використовують для отримання фосфорних та азотних добрив, пластмас, барвників, ліків, паперу, вибухових речовин, використовується в автомобільних акумуляторах, для очищення нафтопродуктів тощо.

Задача 2. Електроліз

Під час електролізу 50%-ного розчину перхлоратної кислоти протягом 1 год. 15 хв. при силі струму 2А на аноді виділилось 516 мл газової суміші 1 (температура 298К, нормальний тиск). Газову суміш пропустили через надлишок підкисленого водного розчину KI , а на титрування йоду, що при цьому виділився, пішло рівно 5.00 мл 0.2 М розчину тиосульфату натрію. Якщо початкову суміш 1 ввести у реакцію з газом, що виділився на катоді, то утворюється чиста вода (при цьому спостерігається дуже сильний вибух), а гази з суміші 1 та катоду реагують повністю.

1. Розшифруйте склад (в мол. %) газової суміші 1, якщо до неї входять два компоненти.

2. Яка роль перхлоратної кислоти у цьому експерименті?

3. Запишіть рівняння процесів, які відбуваються на електродах. Який газ виділяється при цьому на катоді? Розрахуйте його об'єм.

4. Розрахуйте виходи продуктів на кожному з електродів.

5. Чому для проведення аналізу використовували саме підкислений розчин KI ?

Во время электролиза 50%-ного раствора хлорной кислоты в течение 1 ч. 15 мин. при силе тока 2А на аноде выделилось 516 мл газовой смеси 1 (температура 298К, нормальное давление). Газовую смесь пропустили через избыток подкисленного водного раствора KI , а на титрование выделившегося йода пошло ровно 5.00 мл 0.2М раствора тиосульфата натрия. Если начальную

смесь 1 ввести в реакцию с газом, который выделился на катоде, то образуется чистая вода (при этом наблюдается очень сильный взрыв), а газы из смеси 1 и катода реагируют полностью.

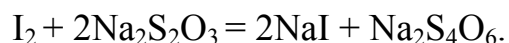
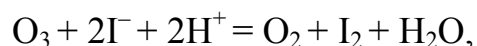
1. Расшифруйте состав (в мол. %) газовой смеси 1, если в нее входят два компонента.
2. Какая роль хлорной кислоты в этом эксперименте?
3. Запишите уравнения процессов, которые происходят на электродах. Какой газ выделяется при этом на катоде? Рассчитайте его объем.
4. Рассчитайте выходы продуктов на каждом из электродов.
5. Почему для проведения анализа использовали именно подкисленный раствор KI?

Розв'язок

1. При електролізі розчину HClO_4 на катоді можливе утворення лише водню (висока концентрація протонів, до того ж, семивалентний стан стійкий до відновлення). Тому перше припущення: газ, що виділяється на аноді – кисень.

$$n(\text{суміш } 1) = PV/RT = 101.3 \times 0.516 / (8.314 \times 298) = 0.0211 \text{ (моль)}.$$

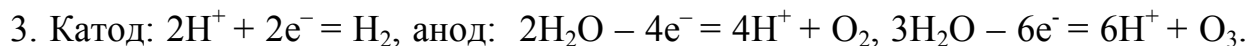
$n(\text{I}_2) = 0.005 \times 0.2 \text{ моль} = 10^{-3} \text{ моль}$. Оскільки $n(\text{суміш } 1) \gg n(\text{I}_2)$, очевидно, за даних умов пропускання кисню через розчин йодиду не викликає окиснення йоду. Отже, суміш 1 містила, окрім кисню, ще й озон (дійсно, після вибуху з воднем утвориться лише вода). Розрахуємо склад цієї суміші.



$$2n(\text{O}_3) = n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3), n(\text{O}_3) = 5 \cdot 10^{-4} \text{ моль}; \chi(\text{O}_2) = 97.63 \%, \chi(\text{O}_3) = 2.37\%.$$

2. Створення сильноокислого середовища, утворення нестійких, але дуже активних аніон-радикалів перхлоратної кислоти у прианодному просторі електролізера, що каталізують утворення озону у помітних кількостях. До того ж висока концентрація ClO_4^- у розчині (на 5.5 молекул води припадає 1 перхлорат-іон) зумовлює дуже високу концентрацію цих аніонів у

невеликому просторі біля аноду, що сповільнює процеси дезактивації активних молекул розчинника.



Об'єм водню, що виділився на катоді за умов експерименту:

$$V(\text{H}_2) = (n(\text{O}_3) \cdot 3 + n(\text{O}_2) \cdot 2) \cdot 22.4 \cdot 298 / 273 \text{ л} = 1.044 \text{ л.}$$

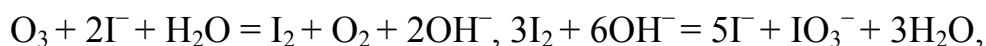
4. Виходи на катоді та аноді однакові, що впливає з еквівалентності кількості газів суміші 1 (реально – газів з аноду) та катодного газу (речовини прореагували повністю). Тому теоретична кількість пропущеної електрики:

$$n(\text{теор.}) = I \cdot t / F = 2.75 \times 60 / 96500 = 0.0933 \text{ (моль);}$$

$$\text{практично отримано: } n(\text{практ.}) = 4 \cdot n(\text{O}_2) + 6 \cdot n(\text{O}_3) = 0.0854 \text{ моль.}$$

$$\text{Вихід продукту на електродах: } 0.0854 / 0.0933 = 91.5\%.$$

5. Для запобігання процесам часткового розчинення йоду, кількість якого прямо впливає на точність подальших вимірів та розрахунків:



Задача 3. Спирти утворились!

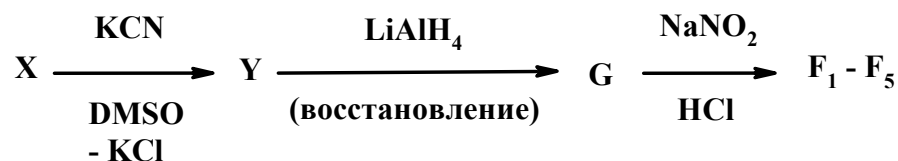
Пропілен хлорували при 700 К. Отриману монохлорпохідну **X** ввели у наступні реакції:



F₁–**F**₅ – ізомерні спирти. Відомо, що всі вони знебарвлюють бромну воду, а **F**₄ та **F**₅ не містять кратних зв'язків. Відомо, що для молекули **F**₁ можлива Z,E-ізомерія, лише **F**₂ містить хіральний атом карбону та жоден з утворених спиртів не є третинним.

1. Розшифруйте невідомі речовини, наведіть рівняння реакцій.
2. Запропонуйте механізм утворення вказаних спиртів.
3. Зобразіть оптичні ізомери для **F**₂. Назвіть їх за R,S-номенклатурою.
4. Наведіть механізм хлорування пропілену за високої температури.

Пропилен хлорировали при 700 К. Полученное монохлорпроизводное X ввели в следующие реакции:

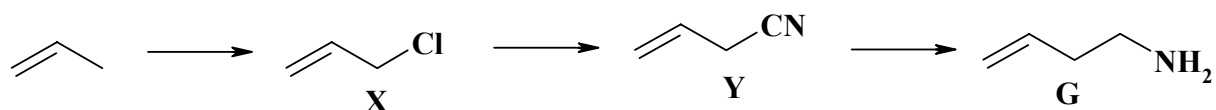


F_1 – F_5 – изомерные спирты. Известно, что все они обесцвечивают бромную воду, а F_4 и F_5 не содержат кратных связей. Известно, что для молекулы F_1 возможна Z,E-изомерия, лишь F_2 содержит хиральный атом углерода и ни один из полученных спиртов не является третичным.

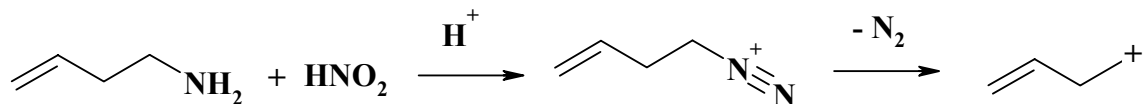
1. Расшифруйте неизвестные вещества, приведите уравнения реакций.
2. Предложите механизм образования указанных спиртов.
3. Изобразите оптические изомеры для F_2 . Назовите их по R,S-номенклатуре.
4. Приведите механизм хлорирования пропилена при высокой температуре.

Розв'язок

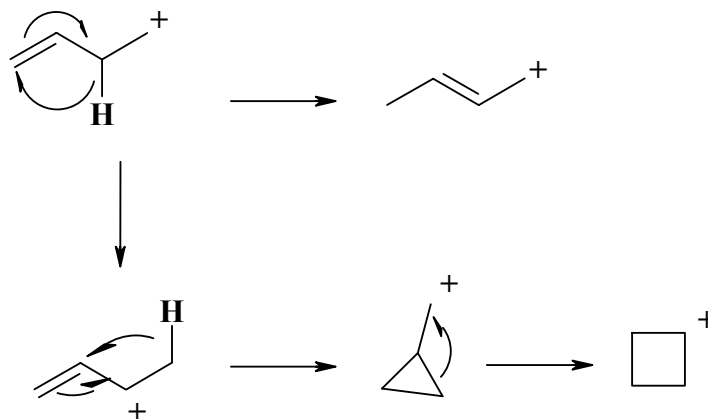
1–3.



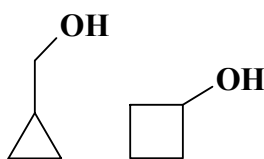
Подальша взаємодія утвореного аміну з нітритом натрію та HCl найцікавіша, бо утворюється 5 ізомерних спиртів. Це можна пояснити тільки перегрупуванням утвореного інтермедіату:



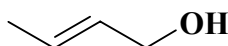
Утворений катіон легко перегрупується у більш стійкі катіони, які можуть переходити один в одного:



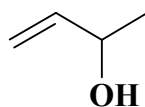
Спирти **F**₄ та **F**₅ циклічні:



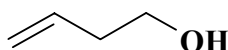
Для спирту **F**₁ однозначно встановлюється структура



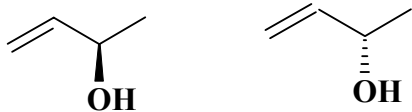
Оптично активним спиртом **F**₂ (містить хіральний атом карбону) є



Тоді спирт **F**₃ – продукт нуклеофільного приєднання води



Оптичні ізомери **F**₂:

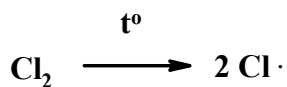


R-бутен-1-ол-3

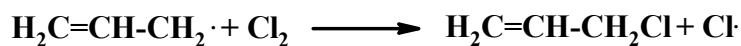
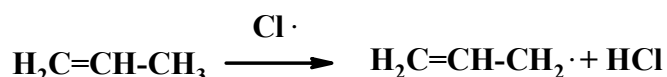
S-бутен-1-ол-3

4. Механізм – радикальне заміщення (**S**_R).

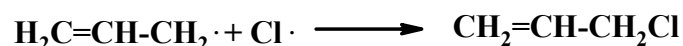
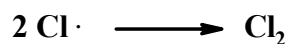
Ініціювання (зародження) ланцюгу:



Рост ланцюгу:



Обрив ланцюгу:



Задача 4. Простоквашинське титрування

„У одних родителей мальчик был. Звали его дядя Федор...”

Э. Успенский, „Дядя Федор, пес и кот”

Дядя Федір проводив кислотно-основне титрування слабкої одноосновної органічної кислоти. Взявши 2,88 г кислоти, він приготував 100 мл водного розчину. Взявши аліквоту 25,0 мл, він почав її титрувати її 0,100 М розчином NaOH (об'єм бюретки 25 мл), використовуючи рН-метр для визначення рН розчину. Під час титрування він помітив, що на вулиці корова Мурка почала жувати одяг, який сушився. Залишивши титрування на позначці 11,7 мл, дядя Федір вибіг на вулицю наводити порядок, попросивши кота Матроскіна продовжити титрування. Кіт, довго не розбираючись, долив в бюретку до нульової відмітки 0,500 М розчин NaOH і почав титрувати. Коли з бюретки було відлито 7,5 мл розчину лугу, Матроскін побачив, що дядя Федір ніяк не може справитися з його улюбленицею і побіг допомагати хлопцю, попросивши пса Шарика дотитрувати. Шарик долив в бюретку розчин соляної кислоти з концентрацією 0,172 М і прокапав 25,0 мл розчину з бюретки в колбу для титрування.

Врешті решт, дядя Федір повернувся, долив в бюретку 0,1 М розчин NaOH, завершив титрування і в результаті отримав залежність $pH = f(V_{NaOH})$. В таблиці наведено частину одержаних даних.

| | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|-------|
| $V_{\text{титранту}}$ | 0 | 8,0 | 22,0 | 47,0 | 53,4 | 63,0 |
| pH | 2,15 | 2,88 | 3,74 | 4,89 | 8,40 | 12,11 |

Точку еквівалентності було досягнуто при загальному об'ємі титранту 53,4 мл.

Вважайте, що в бюретці відбувалося повне перемішування розчину, що знаходився в бюретці, з розчином, який додається.

1. Який об'єм розчину лугу додав дядя Федір при останньому титруванні, щоб досягти точки еквівалентності?
2. Визначте молярну концентрацію кислоти в у розчині, приготовленому Дядею Федором, та її молярну масу.
3. Визначте константу дисоціації молочної кислоти, виходячи з а) pH у точці еквівалентності, б) pH вихідного розчину.
4. Якби галчонок Хватайка викрав pH-метр, який індикатор з нижче наведених слід використати для точного визначення точки еквівалентності? Відповідь обґрунтуйте.

Індикатор/діапазон pH зміни кольору: Тимолфталеїн 9,3-10,5; Фенолфталеїн 8,1-9,3; Бромтимоловий червоний 6,0-7,6.

Дядя Федор проводил кислотно-основное титрование слабой одноосновной органической кислоты. Взяв 2,88 г кислоты, он приготовил 100 мл водного раствора. Взяв аликвоту 25,0 мл, он стал титровать ее 0,100 М раствором NaOH (объем бюретки 25 мл), используя pH-метр для определения pH раствора. Во время титрования он заметил, что на улице корова Мурка стала жевать одежду, которая сушилась. Оставив титрование на отметке 11,7 мл, дядя Федор выбежал на улицу наводит порядок, попросив кота Матроскина

продолжить титрование. Кот, долго не разбираясь, долил в бюретку до нулевой отметки 0,500 М раствор NaOH и начал титровать. Когда из бюретки было отлито 7,5 мл раствора щелочи, Матроскин увидел, что дядя Федор никак не может справиться с его любимицей и побежал помогать мальчику, попросив пса Шарика дотитровать. Шарик долил в бюретку раствор соляной кислоты с концентрацией 0.172 М и прокапал 25.0 мл раствора из бюретки в колбу для титрования.

В конечном итоге, дядя Федор вернулся, долил в бюретку 0,1 М раствор NaOH, завершил титрование и в результате получил зависимость $\text{pH} = f(V_{\text{NaOH}})$. В таблице приведена часть полученных данных.

| | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|-------|
| $V_{\text{титранта}}$ | 0 | 8,0 | 22,0 | 47,0 | 53,4 | 63,0 |
| pH | 2,15 | 2,88 | 3,74 | 4,89 | 8,40 | 12,11 |

Точка эквивалентности была достигнута при общем объеме титранта 53,4 мл.

Считайте, что в бюретке происходило полное перемешивание раствора, который находился в бюретке, с раствором, который добавляется.

1. Какой объем раствора щелочи прибавил дядя Федор при последнем титровании, чтобы достичь точки эквивалентности?
2. Определите молярную концентрацию кислоты в растворе, приготовленном Дядей Федором, и ее молярную массу.
3. Определите константу диссоциации кислоты, исходя из а) pH в точке эквивалентности, б) pH исходного раствора.
4. Если бы галчонок Хватайка похитил pH-метр, какой индикатор из приведенных ниже ему следовало бы использовать для точного определения точки эквивалентности? Ответ обоснуйте.

Индикатор/диапазон pH изменения цвета: Тимолфталеин 9,3-10,5; Фенолфталеин 8,1-9,3; Бромтимоловый красный 6,0-7,6.

Розв'язок

1. Точку еквівалентності було досягнуто при загальному об'ємі 53,4 мл. З них на першому етапі дядя Федір витратив 11,7 мл, на другому Матроскін 7,5 мл, на третьому Шарик ще 25 мл, загалом 44,2 мл. До точки еквівалентності дядя Федір додав ще $53,4 - 44,2 = 9,2$ мл розчину лугу.
2. З'ясуємо, якими були концентрації лугу при титруванні Матроскіним та Шариком.

Матроскін: після першого титрування дядею Федором в бюретці залишилось 13,3 мл 0,1 М NaOH, кіт додав 11,7 мл 0,5М NaOH, концентрація лугу становила

$$C_M(\text{NaOH}) = \frac{13,3 \cdot 0,1 + 11,7 \cdot 0,5}{25} = 0,288 \text{ (М)}.$$

Шарик: після Матроскіна в бюретці залишилося 17,5 мл 0,288 М розчину NaOH (0,00504 моль) і додано 7,5 мл 0,172 М розчину HCl (0,00129 моль). Після нейтралізації в бюретці залишилося 0,00375 моль лугу, концентрація титранту дорівнювала

$$C_{III}(\text{NaOH}) = \frac{0,00375}{0,025} = 0,150 \text{ (М)}.$$

Загальна кількість речовини лугу, що пішла на нейтралізацію кислоти, $n(\text{NaOH}) = 0,0117 \cdot 0,1 + 0,0075 \cdot 0,288 + 0,025 \cdot 0,15 + 0,0092 \cdot 0,1 = 0,008$ (моль), молярна концентрація кислоти $C(\text{кислота}) = 0,008 / 0,025 = 0,32$ (М).

В 25 мл розчину містилося 0,008 моль кислоти, а в приготовлених дядею Федором 100 мл – 0,032 моль. Молярна маса кислоти

$$M(\text{кислота}) = 2,88 / 0,032 = 90 \text{ (г/моль)}.$$

3. Позначимо кислоту HA.

а) В точці еквівалентності $C(\text{КА}) = 0,008 \text{ моль} / (0,025 + 0,0534) \text{ л} = 0,102$ М. Оскільки $\text{pH} = 8,4$, $\text{pOH} = 14 - 8,4 = 5,6$; $[\text{OH}^-] = 2,51 \cdot 10^{-6}$ М.



Константа рівноваги реакції (1) $K_1 = (2,51 \cdot 10^{-6})^2 / 0,102 = 6,19 \cdot 10^{-11}$.

Оскільки $K_1 = K_w / K_a$, $K_a = K_w / K_1 = 10^{-14} / 6,19 \cdot 10^{-11} = 1,62 \cdot 10^{-4}$.

б) У вихідному розчині $pH = 2,15$, $[H^+] = 7,08 \cdot 10^{-3}$,

$$K_a = \frac{[H^+] \cdot [A^-]}{[HA]} = \frac{[H^+]^2}{C_{HA} - [H^+]} = \frac{[10^{-2,15}]^2}{0,32 - 0,007} = 1,60 \cdot 10^{-4}.$$

4. Оскільки у точці еквівалентності $pH = 8,4$, в якості індикатору слід використовувати фенолфталеїн.

Задача 5. Закон Гесса

На Землі у вільному стані зустрічаються три оксиди феруму: мінерали іоцит FeO , магнетит Fe_3O_4 та гематит (α - Fe_2O_3).

1. Визначте ступені окиснення феруму в цих сполуках. Наведіть рівняння реакцій отримання цих сполук, у яких не бере участі вільний кисень.

Прожарювання як іоциту, так і магнетиту в атмосфері кисню приводить до утворення гематиту. Відповідні стандартні значення мольних ентальпій для цих реакцій складають $-292,6$ та $-232,4$ кДж/моль.

2. Визначте стандартну ентальпію реакції окислення іоциту в магнетит.

Нагрівання будь-якого з оксидів заліза в атмосфері водню при температурі $800-1200^\circ C$ приводить до утворення металічного заліза.

3. Визначте стандартну мольну ентальпію утворення гематиту, якщо $\Delta H^\circ_{\text{відн}}(\text{іоцит})$ складає $-21,0$ кДж/моль (мольна $\Delta H^\circ_{\text{утв}}(H_2O) = -285,8$ кДж/моль).

Якщо магнетит окиснювати на повітрі за порівняно низької температури, утворюється інша форма оксиду феруму (III) – маггеміт (γ - Fe_2O_3). Цю форму Fe_2O_3 можна також отримати нагріванням гематиту до $680^\circ C$ ($\Delta H^\circ(\alpha \rightarrow \gamma) = 0,65$ кДж/моль).

4. Визначте тепловий ефект реакції окиснення магнетиту в маггеміт.

УВАГА! В розв'язку мають бути наведені рівняння усіх реакцій, термоэффекти яких ви використовуєте для розрахунків.

На Земле в свободном состоянии встречаются три оксида железа: минералы иоцит FeO , магнетит Fe_3O_4 и гематит ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$).

1. Определите степени окисления железа в этих соединениях. Приведите уравнения реакций получения этих соединений, в которых не участвует свободный кислород.

Прокаливание как иоцита, так и магнетита в атмосфере кислорода приводит к образованию гематита. Соответствующие стандартные значения мольных энтальпий для этих реакций составляют -292.6 и -232.4 кДж/моль.

2. Определите стандартную энтальпию реакции окисления иоцита в магнетит.

Нагревание любого из оксидов железа в атмосфере водорода при температуре $800\text{-}1200^\circ\text{C}$ приводит к образованию металлического железа.

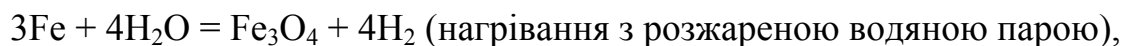
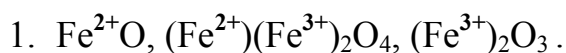
3. Определите стандартную мольную энтальпию образования гематита, если $\Delta H^\circ_{\text{восст}}(\text{иоцит})$ составляет -21.0 кДж/моль (мольная $\Delta H^\circ_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) = -285.8$ кДж/моль).

Если магнетит окислять на воздухе при сравнительно низкой температуре, образуется другая форма оксида железа (III) – маггемит ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Эту форму Fe_2O_3 можно также получить нагреванием гематита до 680°C ($\Delta H^\circ(\alpha \rightarrow \gamma) = 0.65$ кДж/моль).

4. Определите тепловой эффект реакции окисления магнетита в маггемит.

ВНИМАНИЕ! В решении должны быть приведены уравнения всех реакций, термоэффекты которых вы используете для расчетов.

Розв'язок



2.

| | |
|--|---|
| $4\text{FeO} + \text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\Delta H^\circ_1 = -585.2$ кДж |
| $4\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{O}_2 = 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\Delta H^\circ_2 = -1394.4$ кДж |
| $6\text{FeO} + \text{O}_2 = 2\text{Fe}_3\text{O}_4$ | $\Delta H^\circ_3 = 3/2\Delta H^\circ_1 - 1/2\Delta H^\circ_2 =$ $= -877.8 + 697.2 = -180.6$ кДж |

3.

| | |
|--|--|
| $\text{FeO} + \text{H}_2 = \text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$ | $\Delta H^\circ_4 = -21$ кДж |
| $4\text{FeO} + \text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\Delta H^\circ_1 = -585.2$ кДж |
| $\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$ | $\Delta H^\circ_5 = -285.8$ кДж |
| $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\Delta H^\circ_{\text{утв}}(\text{гематит}) = (-4\Delta H^\circ_4 + \Delta H^\circ_1 + 4\Delta H^\circ_5)/2 =$ $= (84 - 585.2 - 1143.2)/2 = -822.2$ кДж/моль |

4.

| | |
|---|--|
| Fe_2O_3 (гематит) = Fe_2O_3 (маггеміт) | $\Delta H^\circ_6 = 0.65$ кДж |
| $4\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{O}_2 = 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ (гематит) | $\Delta H^\circ_2 = -1394.4$ кДж |
| $4\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{O}_2 = 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ (маггеміт) | $Q = -\Delta H^\circ_7 = -(\Delta H^\circ_2 + 6\Delta H^\circ_6) =$ $= 1394.4 - 3.9 = 1390.5$ кДж |

Задача 6. Вуглеводень

Безбарвний вуглеводень **A** (масова частка карбону 88.9%) є стійким до дії розведеного розчину перманганату калію. При опроміненні інтенсивним випромінюванням з довжиною хвилі 254 нм при кімнатній температурі **A** частково перетворюється на ізомерний вуглеводень **B**, який знебарвлює розведений розчин перманганату калію. Нагрівання як **A**, так і **B** дає їхній ізомер **C** (не реагує з бромною водою і розведеним розчином перманганату

калію). Дія бромну на **C** при опроміненні дає суміш речовин, що складається з однієї моно-, чотирьох ди- і семи трибромпохідних сполуки **C**.

1. Розшифруйте речовини та напишіть рівняння згаданих реакцій, якщо **A** також має одну моно-, чотири ди- і сім трибромпохідних (без урахування оптичних ізомерів).

2. Як реагує **B** з бромною водою? Наведіть механізм реакції.

3. Запропонуйте шлях синтезу **C** з ациклічних сполук.

4. Наведіть механізм реакції речовини **C** з бромом при опроміненні (на прикладі утворення монобромпохідної). Який реагент зручніше використати для цього в лабораторії (замість бромовання при опроміненні)? Чому?

Бесцветный углеводород **A** (массовая доля углерода 88.9%), устойчив к действию разбавленного раствора перманганата калия. При облучении интенсивным излучением с длиной волны 254 нм при комнатной температуре **A** частично превращается в изомерный углеводород **B**, который обесцвечивает разбавленный раствор перманганата калия. Нагревание как **A**, так и **B** дает их изомер **C** (не реагирует с бромной водой и разбавленным раствором перманганата калия). Действие брома на **C** при облучении дает смесь веществ, которая состоит из одного моно-, четырех ди- и семи трибромпроизводных соединения **C**.

1. Расшифруйте вещества и напишите уравнения упомянутых реакций, если **A** также имеет одно моно-, четыре ди- и семь трибромпроизводных (без учета оптических изомеров).

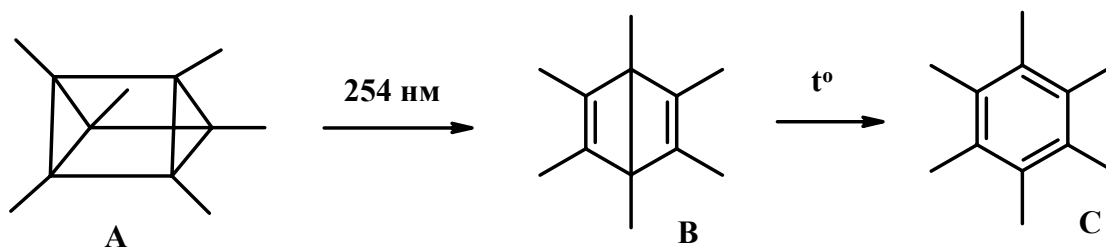
2. Как реагирует **B** с бромной водой? Приведите механизм реакции.

3. Предложите путь синтеза **C** из ациклических соединений.

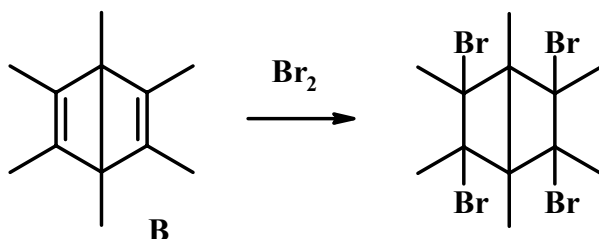
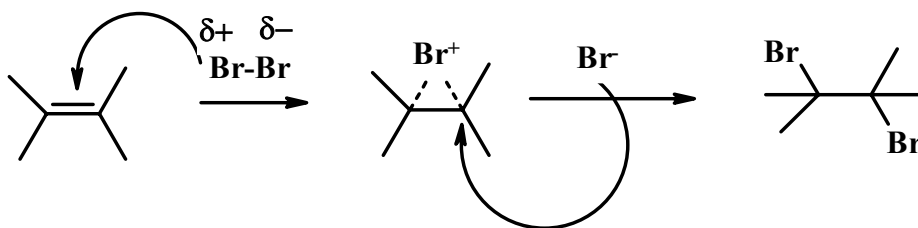
4. Приведите механизм реакции вещества **C** с бромом при облучении (на примере образования монобромпроизводного). Какой реагент удобнее использовать для этого в лаборатории (вместо бромирования при облучении)? Почему?

Розв'язок

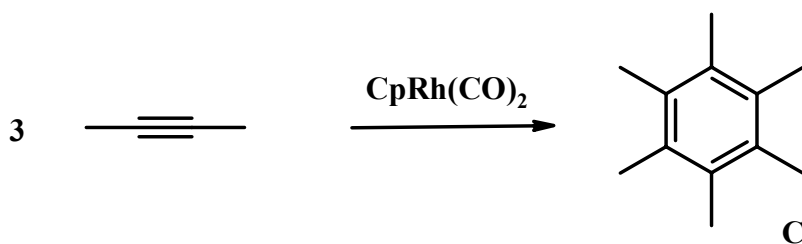
1.



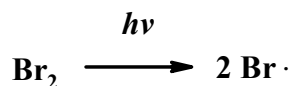
2. В реагує з бромною водою:

Загальний механізм бромовання алкенів (A_E):

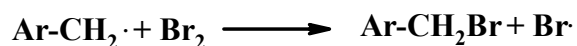
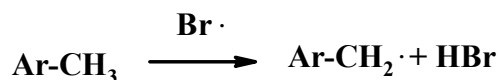
3.

4. Механізм S_R . Позначимо С як Ar-CH_3 ; тоді

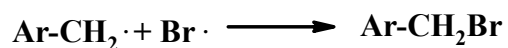
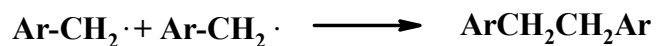
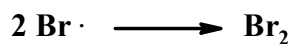
1) ініціювання (зародження) ланцюгу:



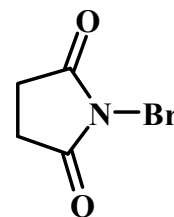
2) рост ланцюгу:



3) обрив ланцюгу:



У лабораторній практиці зручніше використовувати NBS (N-бромсукцинімід), оскільки, на відміну від бромовання при



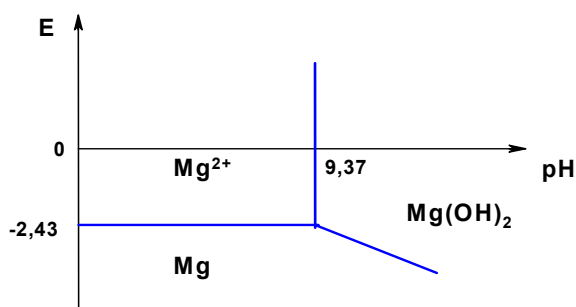
опроміненні, його легше дозувати; до того ж, загалом, ці реакції легше контролюються, більш селективні та відтворювані.

11 клас

Задача 1. Діаграма Пурбе

Діаграма Пурбе подає залежність окисно-відновного потенціалу (E) від pH розчину. Діаграми Пурбе є дуже зручними для відображення термодинамічно стійких форм іонів чи молекул при заданих pH та E за певної температури.

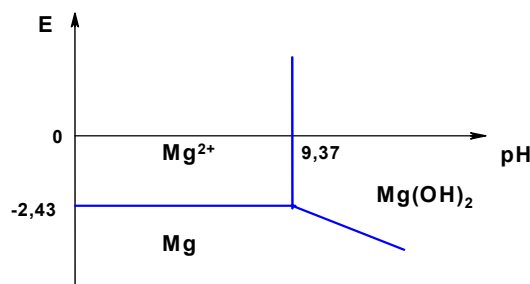
Нижче наведено діаграму Пурбе для магнію ($T = 298K$), концентрація іонів Mg^{2+} складає $0,02$ моль/л.



1. Напишіть рівняння процесів, що мають місце на трьох границях.
2. Чому потенціал пари Mg^{2+}/Mg не залежить від pH , в той час як потенціал пари $Mg(OH)_2/Mg$ залежить?
3. Знайдіть стандартний потенціал пари Mg^{2+}/Mg ($T = 298K$).
4. Розрахуйте добуток розчинності $Mg(OH)_2$ ($T=298K$).
5. Знайдіть потенціал границі $Mg(OH)_2/Mg$ при $pH=12$.
6. Чи буде магній при потенціалі $E = 0$ та $pH=13$ піддаватися корозії?

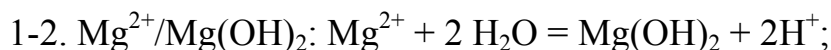
Діаграма Пурбе представляє залежність окислительно-восстановительного потенціала (E) від pH розчину. Діаграми Пурбе дуже зручні для відображення термодинамічно стійких форм іонів чи молекул при заданих pH та E при певній температурі.

Нижче приведена діаграма Пурбе для магнію ($T = 298K$), концентрація іонів Mg^{2+} становить $0,02$ моль/л.



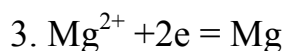
1. Напишіть уравнения процессов, происходящих на трех границах.
2. Почему потенциал пары Mg^{2+}/Mg не зависит от pH, в то же время как потенциал пары $\text{Mg}(\text{OH})_2/\text{Mg}$ зависит?
3. Найдите стандартный потенциал пары Mg^{2+}/Mg ($T = 298\text{K}$).
4. Рассчитайте произведение растворимости $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ($T=298\text{K}$).
5. Найдите потенциал границы $\text{Mg}(\text{OH})_2/\text{Mg}$ при $\text{pH}=12$.
6. Будет ли магний при потенциале $E = 0$ и $\text{pH} = 13$ подвергаться коррозии?

Розв'язок



Mg^{2+}/Mg : $\text{Mg}^{2+} + 2e = \text{Mg}$ (іони H^+ не беруть участі в процесі, тому E від pH не залежить).

$\text{Mg}(\text{OH})_2/\text{Mg}$: $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Mg} + 2 \text{H}_2\text{O}$ (іони H^+ беруть участь в процесі, E залежить від pH).



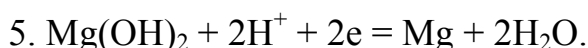
Запишемо рівняння Нернста:

$$E_{\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}} = E^0_{\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}} + \frac{0,059}{2} \lg C_{\text{Mg}^{2+}} \Rightarrow E^0_{\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}} = E_{\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}} - \frac{0,059}{2} \lg C_{\text{Mg}^{2+}}$$

$$E^0_{\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}} = -2,43 - \frac{0,059}{2} \lg 0,02 = -2,38 (\text{В}).$$

4. Границя $\text{Mg}(\text{OH})_2/\text{Mg}^{2+}$ існує при $\text{pH}=9,37$. Нижче цього значення відбувається розчинення гідроксиду.

$$D_{\text{P}}(\text{Mg}(\text{OH})_2) = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = [\text{Mg}^{2+}] \cdot \left(\frac{K_w}{[\text{H}^+]} \right)^2 = 2 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{10^{-14}}{10^{-9,37}} \right)^2 = 1,1 \cdot 10^{-11}$$



За рівнянням Нернста,

$$E = E^0_{\text{Mg(OH)}_2/\text{Mg}} + \frac{0,059}{2} \cdot \lg[\text{H}^+]^2 = E^0_{\text{Mg(OH)}_2/\text{Mg}} + 0,059 \cdot \lg[\text{H}^+] = \\ = E^0_{\text{Mg(OH)}_2/\text{Mg}} - 0,059 \cdot \text{pH}$$

При підвищенні рН на одиницю потенціал зменшується на 0,059 В, тоді, порівнюючи зі значенням потенціалу при рН=9,37, для рН = 12 маємо:

$$E = -2,43 - 0,059 \cdot (12 - 9,37) = -2,59 \text{ (В)}.$$

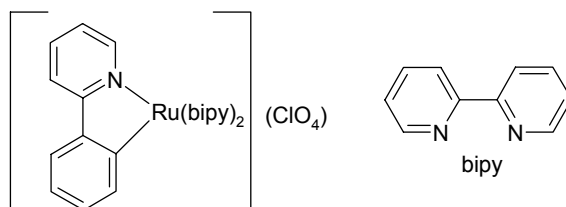
6. При $E=0$, $\text{pH}=13$ метал вкритий гідроксидом і пасивується. Корозії не відбувається.

Задача 2. Каталіз

Взаємодія речовини **A**, що є сполукою Ru(II), з перекисом водню проходить у присутності каталізатора **K** і приводить до утворення сполуки **B**, що є сполукою Ru(III). В одному з дослідів було знайдено таку залежність концентрації **A** від часу:

| | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| t, с | 10 | 30 | 60 | 120 |
| [A], М | 0,170 | 0,124 | 0,077 | 0,029 |

1. Визначте порядок реакції за **A**. Розрахуйте константу швидкості і концентрацію **A** при $t = 0$.
2. Сполука **A** має наведену нижче структурну формулу:



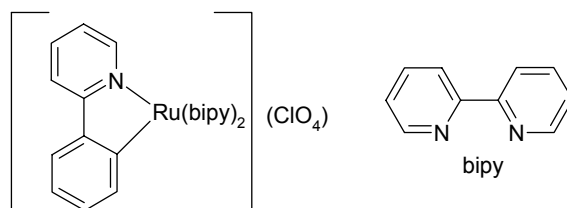
До якого класу хімічних сполук відноситься **A**? Напишіть рівняння реакції, наведеної в умові задачі, і запропонуйте формулу **B**.

3. Сполука **A** може існувати у формі двох ізомерів і в розчині дуже повільно ізомеризується в сполуку **A'**. Рівноважна суміш містить **A** і **A'** у співвідношенні 1:1. Поясніть відмінність між **A** і **A'**.
4. Якщо для реакції з H_2O_2 використати розчин **A**, який зберігали протягом декількох місяців, швидкість реакції (у присутності каталізатора **K**) зменшується в 1,7 рази у порівнянні зі свіжим розчином (за однакових інших умов). Визначте константу швидкості реакції **A'** з H_2O_2 (k').
5. Наведіть найбільш ймовірну причину відмінності між k і k' , якщо каталізатор **K** є природним ферментом – пероксидазою хрону.

Взаимодействие вещества **A**, являющегося соединением Ru(II), с перекисью водорода происходит в присутствии каталізатора **K** и приводит к образованию соединения **B**, являющегося соединением Ru(III). В одном из опытов нашли такую зависимость концентрации **A** от времени:

| | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| t, с | 10 | 30 | 60 | 120 |
| [A], М | 0,170 | 0,124 | 0,077 | 0,029 |

1. Определите порядок реакции по **A**. Рассчитайте константу скорости и концентрацию **A** при $t = 0$.
2. Соединение **A** имеет приведенную ниже структурную формулу:



К какому классу химических соединений относится **A**? Напишите уравнение реакции, приведенной в условии задачи, и предложите формулу **B**.

3. Соединение **A** может существовать в форме двух изомеров и в растворе очень медленно изомеризуется в соединение **A'**. Равновесная смесь содержит **A** и **A'** в соотношении 1:1. Объясните различие между **A** и **A'**.

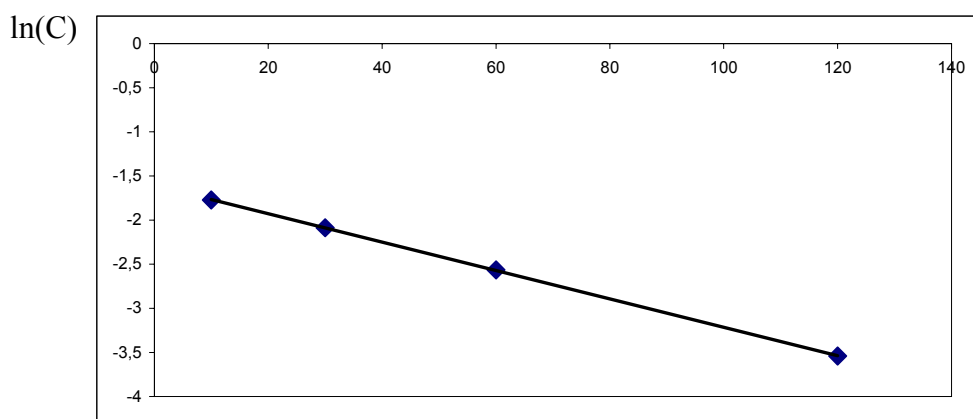
4. Если для реакции с H_2O_2 использовать раствор **A**, который хранили на протяжении нескольких месяцев, скорость реакции (в присутствии катализатора **K**) уменьшается в 1,7 раза по сравнению со свежим раствором (при одинаковых других условиях). Определите константу скорости реакции **A'** с H_2O_2 (k').
5. Назовите наиболее вероятную причину отличия k и k' , если катализатор **K** является природным ферментом – пероксидазой хрона.

Розв'язок

1. Перевіримо, як описують експериментальні дані кінетичні рівняння різних порядків. Для першого порядку: $c = c_0 e^{-kt}$; $\ln c = \ln c_0 - kt$.

| | | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| t, c | 10 | 30 | 60 | 120 |
| $\ln[A]$ | -1,772 | -2,087 | -2,564 | -3,540 |

t, c



Отримано лінійну залежність $\ln[A]$ від t , тобто реакція має перший порядок. Перевірка свідчить, що кінетичні рівняння для реакцій інших порядків не описують експериментальні дані.

Константа дорівнює тангенсу куту нахилу одержаної прямої:

$$k = \operatorname{tg} \alpha = (3,540 - 1,772)/(120 - 10) = 0,016 \text{ c}^{-1}.$$

Для розв'язання задачі графік можна не будувати, достатньо розрахувати константу за різними парами експериментальних точок і переконатися, що отримані значення співпадають.

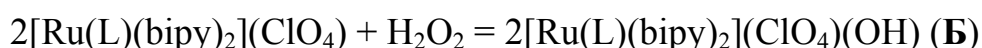
Розрахуємо початкову концентрацію.

$\ln c_0 = \ln c + kt$, розрахунок, наприклад, за першою точкою дає:

$$\ln c_0 = -1,772 + 0,016 \cdot 10 = -1,612; c_0 = 0,2 \text{ M.}$$

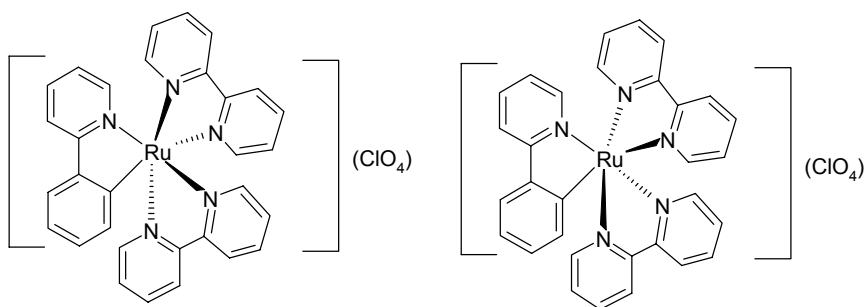
2. **A** містить зв'язок Ru–C і відноситься до металоорганічних сполук.

Рівняння реакцій:



де LH = 2-фенілпіридин

3. **A** і **A'** – оптичні ізомери:



Зв'язок, позначений **—**, направлено до читача, а зв'язок **.....** – від читача. Зрозуміло, з тексту задачі неможливо зробити висновок, який ізомер – це **A**, а який – **A'**.

$$4. v_{\text{початкова}} = k[\text{A}]_{\text{початкова}},$$

$$v_{\text{суміш}} = k[\text{A}]_{\text{рівн.}} + k'[\text{A}']_{\text{рівн.}} = [\text{A}]_{\text{рівн.}}(k + k') = 0,5[\text{A}]_{\text{початкова}}(k + k'),$$

$$v_{\text{початкова}} / v_{\text{суміш}} = (k[\text{A}]_{\text{початкова}}) / (0,5[\text{A}]_{\text{початкова}}(k + k')) = 2k / (k + k') = 1,7,$$

$$2k = 1,7k + 1,7k',$$

$$2k - 1,7k = 1,7k',$$

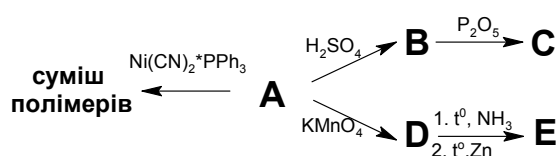
$$k' = 0,176k,$$

$$k' = 0,0028 \text{ c}^{-1}.$$

5. Ймовірно, що каталітичний центр ферменту є асиметричним (оптично-активним) і по-різному реагує з різними оптичними ізомерами **A**.

Задача 3. Полімеризація

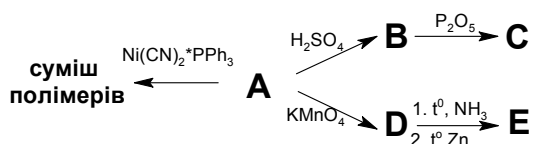
Вуглеводень **A** (C_6H_6) за наведеною нижче схемою легко перетворюється в ароматичні сполуки **C** (C_6H_8O) та **E** (C_4H_5N). В присутності комплексу нікель(II) ціаніду з трифенілфосфіном вуглеводень **A** утворює суміш полімерів, які складаються з елементарних ланок двох типів. Цікаво, що полімер, отриманий з гомолога сполуки **A**, який містить 8 атомів карбону, складається з трьох типів елементарних ланок, при цьому, поруч з ним, утворюються також тример.



(H_2SO_4 – водний розчин, $KMnO_4$ – підкислений водний розчин при нагріванні)

1. Визначте сполуки **A** - **E**.
2. Наведіть механізм утворення полімеру. Чи буде відбуватися полімеризація при додаванні до реакційної суміші амоніаку? Відповідь обґрунтуйте.
3. Наведіть будову елементарних ланок, що входять до складу полімерів, отриманих з вуглеводню **A**.
4. Поясніть відмінності в будові полімеру, отриманого з гомолога, який містить 8 атомів карбону, а також утворення тримеру.

Углеводород **A** (C_6H_6) по приведенной ниже схеме легко превращается в ароматические соединения **C** (C_6H_8O) и **E** (C_4H_5N). В присутствии комплекса цианида никеля(II) с трифенилфосфином углеводород **A** образует смесь полимеров, которые состоят из элементарных звеньев двух типов. Интересно, что полимер, полученный из гомолога соединения **A**, который содержит 8 атомов углерода, состоит с трех типов элементарных звеньев, при этом, вместе с ним, образуется также тример.



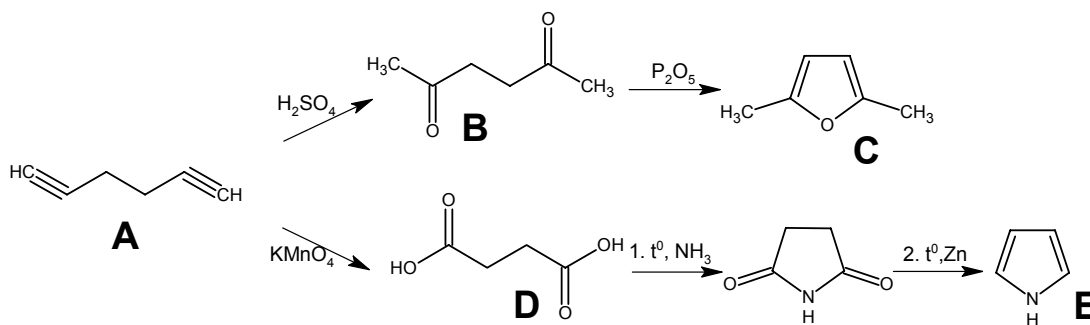
(H_2SO_4 – водный раствор, KMnO_4 – подкисленный водный раствор при нагревании)

5. Определите соединения А - Е.
6. Приведите механизм образования полимера. Будет ли происходить полимеризация при прибавлении к реакционной смеси аммиака? Ответ обоснуйте.
7. Приведите строение элементарных звеньев, входящих в состав полимеров, полученных из углеводорода А.

Объясните отличия в строении полимера, полученного из гомолога, который содержит 8 атомов углерода, а также образование тримера.

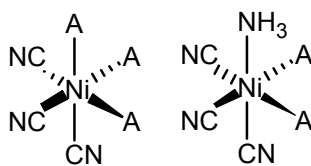
Розв'язок

1.

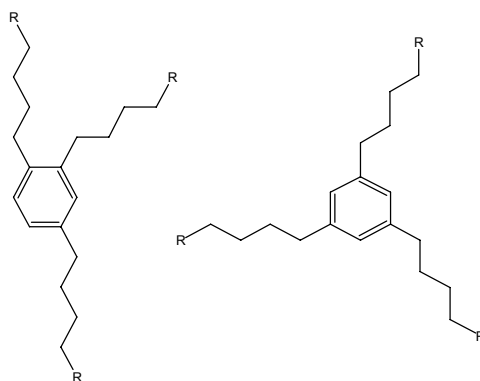


2. При полімеризації в присутності $\text{Ni(CN)}_2 \cdot \text{PPh}_3$ утворюється перехідний комплекс, в якому атом Ni має октаедричну конфігурацію, а у вершинах поліедра знаходяться CN^- та PPh_3 , а також молекули сполуки А, за рахунок π -зв'язків координовані Ni. Лабільність комплексу сприяє утворенню фрагменту полімеру, що містить бензольне кільце, з фрагментів, які містять потрійні зв'язки. При додаванні аміаку одне з місць в координаційній сфері Ni займає

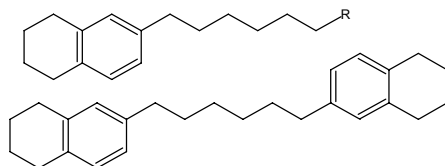
молекула NH_3 , тому утворення бензольного кільця не відбувається.



3. Полімери, отримані з вуглеводню **A**, містять 1,3,5- та 1,3,4-заміщені бензольні кільця, при цьому кожна молекула **A** бере участь в утворенні двох бензольних кілець, тобто кожне кільце утворюється з трьох молекул **A**.



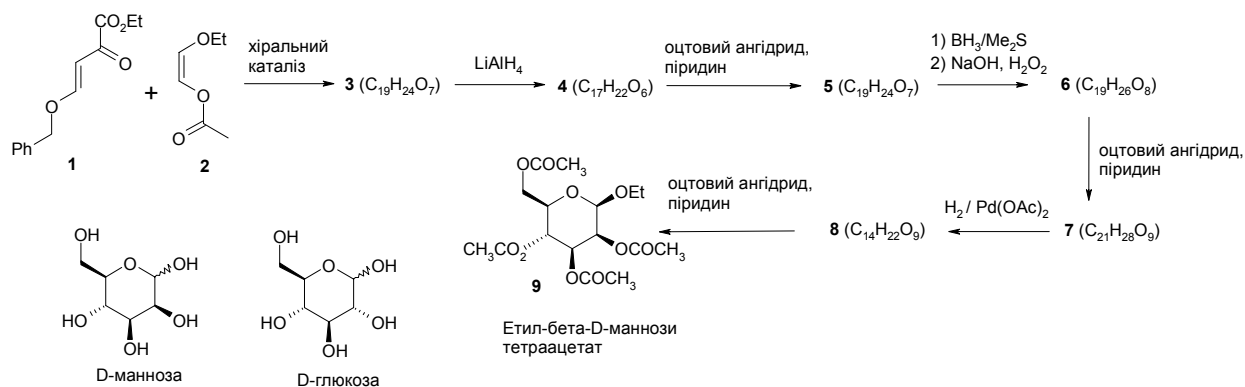
4. При утворенні полімеру з відповідного гомологу окрім ланок, які містять 1,3,5-заміщені та 1,3,4-заміщені бензольні кільця, утворюються також ланки, які містять тетрагідронафталинову систему, яка утворилася при взаємодії не трьох, а двох молекул гомологу. Цим також пояснюється утворення тримеру. У випадку сполуки **A** цей шлях не реалізується завдяки утворенню сильно напруженого циклобутанового кільця.



Задача 4. Манноза по-датськи

Нещодавно група вчених під керівництвом Карла Енкера Йоргенсена з Данії запропонувала ефективний метод синтезу похідних вуглеводів. Ключовою стадією, що формує карбоновий скелет сахариду, є так звана

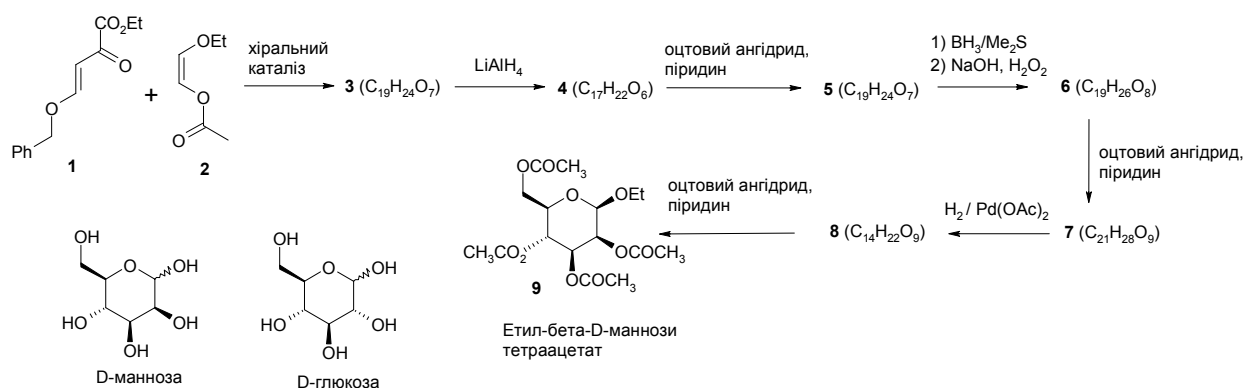
гетерореакція Дільса-Альдера між сполуками **1** та **2** з використанням хіральних металокомплексних каталізаторів, що забезпечує утворення лише одного енантіомеру **3**. Нижче наведено використання цього методу для синтезу похідного D-маннози **9**.



1. Зобразіть (зі стереохімічними деталями) просторову структуру сполук **3-8**.
2. Яку вихідну сполуку треба взяти замість сполуки **2**, щоб одержати (відповідно до наведеної схеми) етил-бета-D-глюкози тетраацетат?
3. Запропонуйте метод одержання маннози із сполуки **9**.
4. Зобразіть (зі стереохімічними деталями) просторову структуру продуктів реакції D-маннози з а) NaBH₄; б) HNO₃; в) EtSH, H⁺; г) NH₂OH; д) ацетоном, H⁺; е) бензальдегідом, H⁺.
5. У випадку останніх двох реакцій поясніть, чому з ацетоном селективно утворюється п'ятичленний циклічний кеталь, а з бензальдегідом – шестичленний циклічний ацеталь.

Недавно група учених под керівництвом Карла Енкера Йоргенсена из Дании предложила эффективный метод синтеза производных углеводов. Ключевой стадией, которая формирует углеродный скелет сахара, является так называемая гетерореакция Дильса-Альдера между соединениями **1** и **2** с использованием хиральных металлокомплексных катализаторов, что

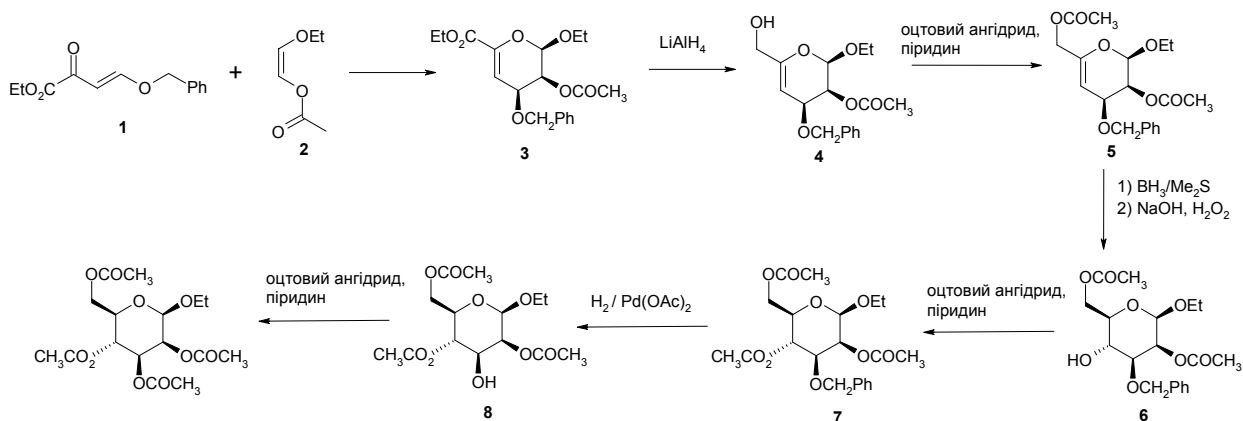
обеспечивает образование только одного энантиомера **3**. Ниже приведено использование этого метода для синтеза производного D-маннозы **9**.



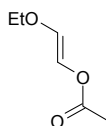
1. Изобразите (со стереохимическими деталями) пространственную структуру соединений **3-8**.
2. Какое исходное соединение необходимо взять вместо соединения **2**, чтобы получить (в соответствии с приведенной схемой) этил-β-D-глюкозы тетраацетат?
3. Предложите метод получения маннозы из соединения **9**.
4. Изобразите (со стереохимическими деталями) пространственную структуру продуктов реакции D-маннозы с а) NaBH₄; б) HNO₃; в) EtSH, H⁺; г) NH₂OH; д) ацетоном, H⁺; е) бензальдегидом, H⁺.
5. В случае последних двух реакций объясните, почему с ацетоном селективно образуется пятичленный циклический кеталь, а с бензальдегидом – шестичленный циклический ацеталь.

Розв'язок

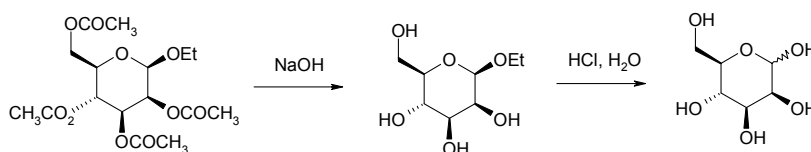
1.



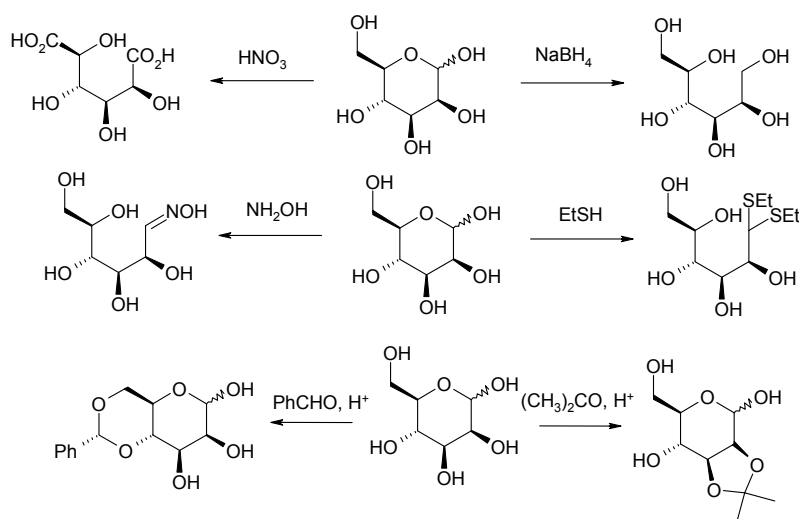
2. Цис-орієнтація 2-етокси- та 3-ацетоксизамісників в продукті 3 обумовлена *цис*-конфігурацією алкену 2. Для одержання етил-бета-D-глюкози тетраацетату у відповідному продукті гетеро-реакції Дільса-Альдера має бути *транс*-орієнтація 2-етокси- та 3-ацетоксизамісників. Отже, необхідно взяти *транс*-2-етоксивінілацетат.



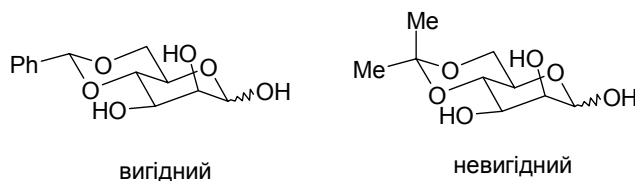
3. Маннозу можна одержати в два етапи: 1) лужний гідроліз ацетоксі-груп; 2) кислотний гідроліз ацетальної групи:



4.

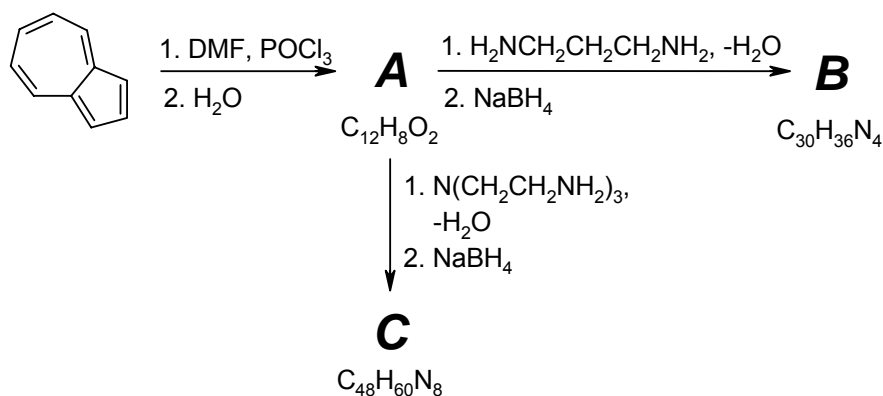


5. Утворення шестичленного ацетального циклу є вигідним у випадку бензальдегіду (фенільний замісник займає екваторіальне положення), але не є вигідним у випадку ацетону (за цих умов один з метильних замісників займе аксіальне положення). Тому у випадку ацетону йде утворення п'ятичленного кетального циклу. В свою чергу, утворення такого кетального циклу можливе лише за умов *цис*-розташування ОН-груп в 1,2-діольному фрагменті, тому реакція йде за гідроксильними групами при С-2 та С-3.



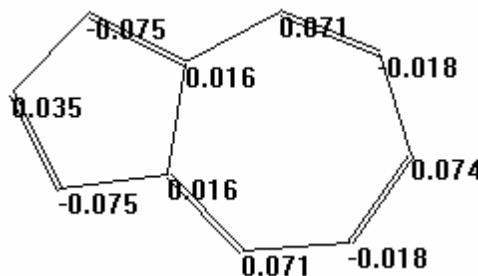
Задача 5. Етюд у синіх тонах

У 2001 році з виходом 56% вперше було отримано коронанд **B**, що містить в основі скелет азулену. Ті ж автори з виходом 12% отримали криптанд **C**. Нижче наведено схему одержання сполук **B** та **C**, виходячи з азулену (DMF – N,N-диметилформамід; NaBH_4 – борогідрид натрію, відновник).



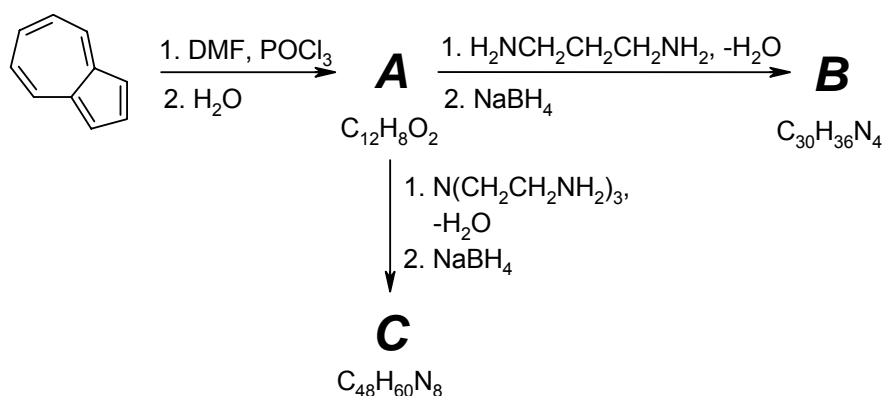
Скорочений опис спектру ПМР сполуки **B** має такий вигляд:

1.74 (4Н, мультиплет), 2.18 (4Н, широкий синглет), 2.74 (8Н, триплет), 4.17 (8Н, синглет), 7.01 (4Н, триплет), 7.45 (2Н, триплет), 7.67 (2Н, синглет), 8.26 (4Н, дублет), де числа позначають хімічний зсув сигналів, а у дужках наведено їхні інтегральну інтенсивність та мультиплетність.



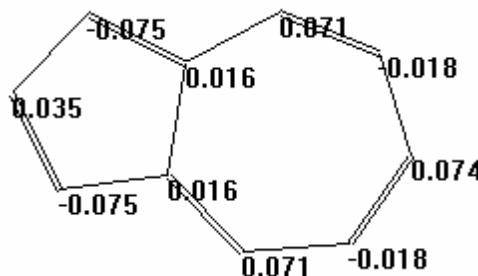
- За допомогою методу молекулярних орбіталей у наближенні Хюккеля було виконано розрахунки для молекули азулену та встановлено заряди на атомах карбону. Виходячи з цих даних, передбачте, за якими положеннями буде відбуватися атака молекули азулену електрофільними та нуклеофільними реагентами.
- Розшифруйте схему та зобразіть структури сполук **A** – **C**. Поясніть різницю у виходах реакцій утворення **B** та **C**.
- Яка частинка атакує молекулу азулену в реакції одержання сполуки **A**? Вкажіть роль, яку ця частинка виконує у реакції (електрофіл чи нуклеофіл).
- Якомога повніше співвіднесіть сигнали у спектрі ПМР сполуки **B**. Покажіть, що спектральні дані підтверджують результати квантовохімічних розрахунків.
- Що таке криптанди та коронанди? Для чого вони застосовуються?

В 2001 году с выходом 56% впервые был получен коронанд **B**, содержащий в основе скелет азулена. Те же авторы с выходом 12% получили криптанд **C**. Ниже приведена схема получения соединений **B** и **C**, исходя из азулена (DMF – N,N-диметилформаид; NaBH₄ – боргидрид натрия, восстановитель).



Сокращенное описание спектра ПМР соединения **B** имеет следующий вид:

1.74 (4H, мультиплет), 2.18 (4H, широкий синглет), 2.74 (8H, триплет), 4.17 (8H, синглет), 7.01 (4H, триплет), 7.45 (2H, триплет), 7.67 (2H, синглет), 8.26 (4H, дублет), где числа обозначают химический сдвиг сигналов, а в скобках приведены их интегральная интенсивность и мультиплетность.

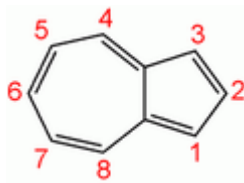


- С помощью метода молекулярных орбиталей в приближении Хюккеля были проведены расчеты для молекулы азулена и установлены заряды на атомах углерода. Исходя из этих данных, предскажите, по каким положениям будет происходить атака молекулы азулена электрофильными и нуклеофильными реагентами.
- Расшифруйте схему и изобразите структуры соединений **A** – **C**. Объясните разницу в выходах реакций образования **B** и **C**.

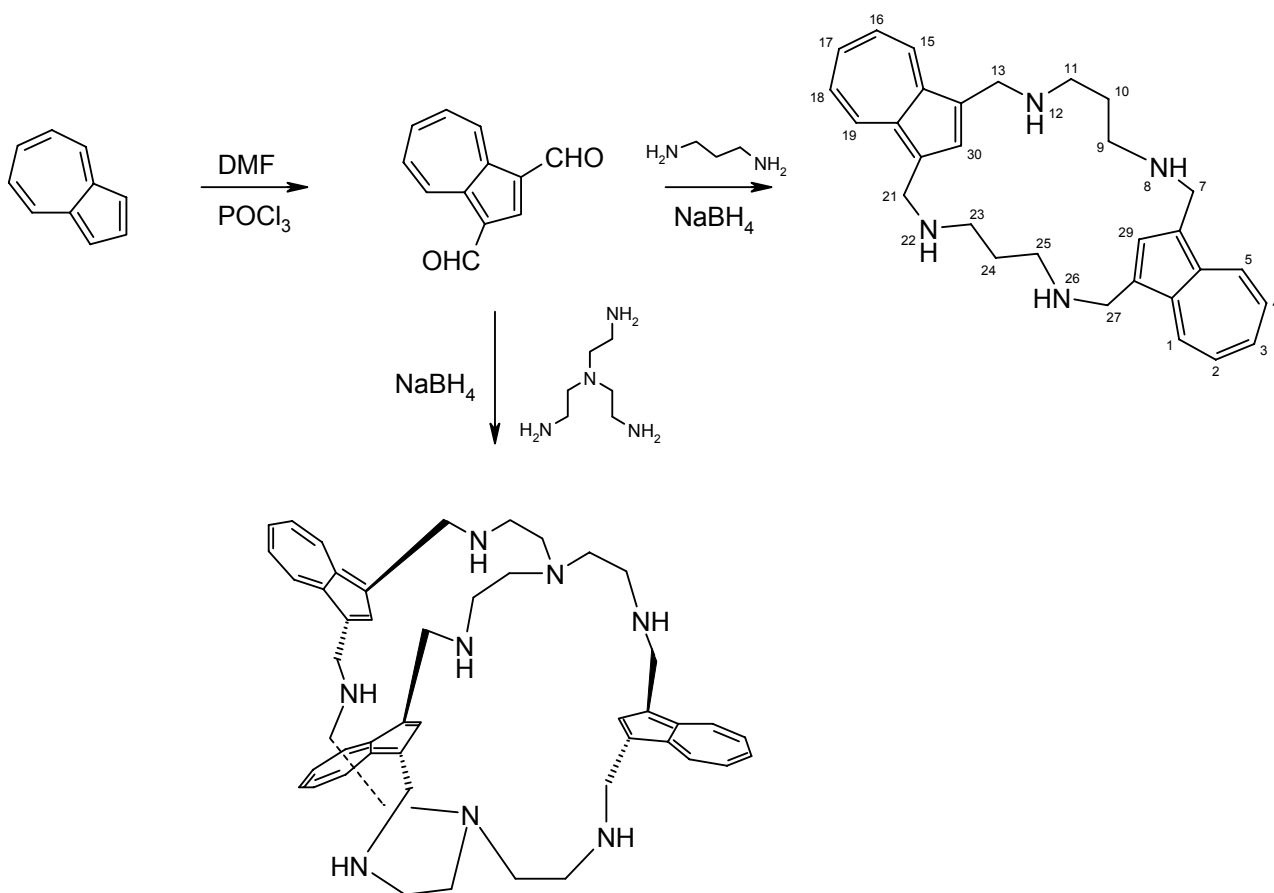
3. Какая частица атакует молекулу азулена в реакции получения соединения **A**? Укажите роль, какую эта частица выполняет в реакции (электрофил или нуклеофил).
4. Как можно полнее соотнесите сигналы в спектре ПМР соединения **B**. Покажите, что спектральные данные подтверждают результаты квантовохимических расчетов.
5. Что такое криптанды и коронанды? Для чего они применяются?

Розв'язок

1. Очевидно, що атака електрофільними реагентами матиме місце за атомами з найменшим зарядом, нуклеофільними – з найбільшим, тобто електрофіли реагуватимуть за атомами 1 та 3, нуклеофіли – 4, 6 та 8.



2.



Низький вихід в реакції утворення **C** (у порівнянні з **B**) обумовлений помітно нижчим значенням $\Delta S_{\text{акт}}$ при утворенні біциклічної структури порівнянно з моноциклічною структурою. Іншими словами, попередня організація реагентів, необхідна для одержання макроциклічної системи **C**, є більш ускладненою.

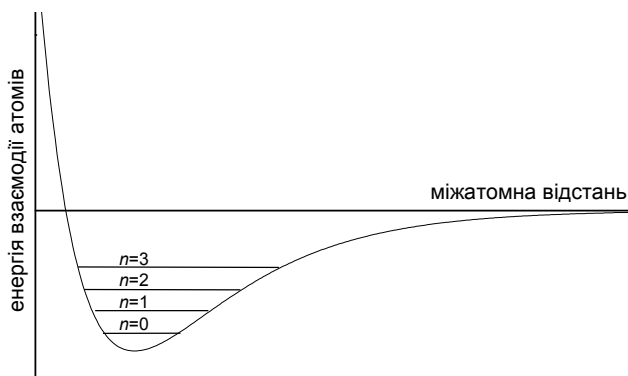
3. $\text{HC}(\text{Cl})=\text{N}(\text{CH}_3)_2^+$ – це так званий комплекс Вільсмайера (катион). Він виконує роль електрофілу.

4. 1.74 (10- та 24- CH_2), 2.18 (8-, 12-, 22- та 26- NH), 2.74 (9-, 11-, 23- та 25- CH_2), 4.17 (7-, 13-, 21- та 27- CH_2), 7.01 (2-, 4-, 16- та 18- CH), 7.45 (3- та 17- CH), 7.67 (29- та 30- CH), 8.26 (1-, 5-, 15- та 19- CH). Аналіз сигналів ароматичних протонів вказує на те, що утворюється саме 1,3-дизаміщений азулен: по-перше, має місце достатньо висока симетрія молекули, по-друге, лише у випадку, коли

обидва замісники знаходяться у п'ятичленному кільці, в частині спектру вище 7 м. ч. спостерігається лише один синглет.

5. Коронанди та криптанди – макроциклічні полідентантні сполуки, які здатні утворювати стійкі комплекси з катіонами металів. На відміну від коронандів, які містять один макроцикл, макроциклічна система криптандів є бі- або поліциклічною. Використовуються в якості каталізаторів міжфазного переносу, селективних екстрагентів металів тощо.

Задача 6. Двохатомні молекули



На рисунку схематично представлено потенційну криву двохатомної молекули. Атоми, як квантові об'єкти, за співвідношенням невизначеностей Гейзенберга перебувають у постійному русі. У двохатомній молекулі цей рух можна

співставити з коливаннями пружинного маятника з характерною частотою

$\omega = \sqrt{\frac{k}{\mu}}$ (тут k – силова стала молекули, μ – приведена маса, пов'язана з масами

m_1, m_2 атомів: $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$). Енергія таких коливань визначається формулою

$E = \frac{h}{2\pi} \omega \left(n + \frac{1}{2} \right)$, де h – стала Планка, n – ціле число, що набуває значень 0, 1, 2...;

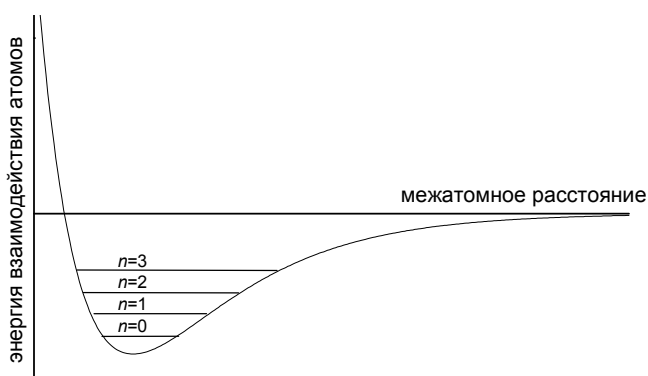
ці рівні, відкладені від найнижчої точки графіка, схематично позначено на малюнку горизонтальними лініями.

З ІЧ-спектрів визначено частоти коливань молекул (1 Гц = 1 с⁻¹):

| Молекула | H ₂ | HD | D ₂ | H ³⁵ Cl | D ³⁵ Cl |
|----------------|----------------|-------|----------------|--------------------|--------------------|
| ω , ТГц | 829.4 | 720.1 | 588.1 | 563.8 | 404.5 |

1. Дайте визначення кінетичній та потенційній складовим енергії атомів у двохатомній молекулі. За якого співвідношення між ними відбуватиметься дисоціація молекули?
2. Позначте на графіку енергію дисоціації коливально незбудженої молекули.
3. Обчисліть силові константи наведених у таблиці молекул (вважайте, що відносна атомна маса збігається з нуклонним числом). Поясніть результат.
4. Узавши до уваги, що енергія дисоціації молекули H_2 становить 432 кДж/моль, обчисліть енергії дисоціації молекул D_2 та HD .
5. Обчисліть зміну енергії в реакції: $\text{HCl} + \text{D}_2 = \text{DCl} + \text{HD}$. Класифікуйте цю реакцію як екзо- чи ендотермічну.
6. Чому, на вашу думку, температура впливає на тепловий ефект реакції?

На рисунку схематично представлена потенціальна крива двухатомної



молекулы. Атомы, как квантовые объекты, по соотношению неопределенностей Гейзенберга находятся в непрерывном движении. В двухатомной молекуле это движение можно соотнести с

колебаниями пружинного маятника с характерной частотой $\omega = \sqrt{\frac{k}{\mu}}$ (здесь k — силовая постоянная молекулы, μ — приведенная масса, связанная с массами m_1 , m_2 атомов: $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$). Энергия таких колебаний определяется формулой

$E = \frac{h}{2\pi} \omega \left(n + \frac{1}{2} \right)$, где h — постоянная Планка, n — целое число, принимающее значения 0, 1, 2...; эти уровни, отложенные от низшей точки графика, схематично обозначены на рисунке горизонтальными линиями.

Из ИК спектров определены частоты колебаний молекул ($1 \text{ Гц} = 1 \text{ с}^{-1}$):

| | | | | | |
|----------------|--------------|-------------|--------------|--------------------------|--------------------------|
| Молекула | H_2 | HD | D_2 | H^{35}Cl | D^{35}Cl |
| ω , ТГц | 829.4 | 720.1 | 588.1 | 563.8 | 404.5 |

1. Дайте определения кинетической и потенциальной составляющей энергии атомов в двухатомной молекуле. При каком соотношении между ними будет происходить диссоциация молекулы?

2. Обозначьте на графике энергию диссоциации колебательно невозбужденной молекулы.

3. Рассчитайте силовые постоянные приведенных в таблице молекул (примите, что относительная атомная масса совпадает с нуклонным числом). Объясните результат.

4. Принимая во внимание, что энергия диссоциации молекулы H_2 равна 432 кДж/моль, рассчитайте энергии диссоциации молекул D_2 и HD .

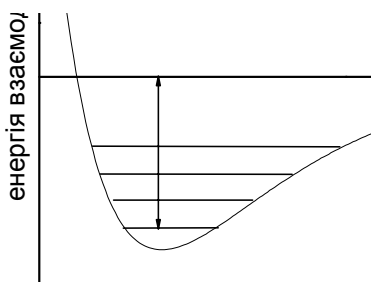
5. Рассчитайте изменение энергии в реакции: $\text{HCl} + \text{D}_2 = \text{DCl} + \text{HD}$. Классифицируйте эту реакцию как экзо- или эндотермическую.

6. Как вы думаете, почему температура влияет на тепловой эффект реакции?

Розв'язок

1. Кінетична енергія – це, переважно, енергія руху (внутрішньомолекулярного, тобто коливальних) ядер атомів, формулу для її обчислення наведено в тексті умови. Потенційна енергія – це енергія взаємодії атомів; навіть наближена формула для її обчислення досить складна, тому залежність її від міжатомної відстані в умові наведено у графічному вигляді. В момент дисоціації кінетична енергія має бути не меншою, ніж потенційна (за абсолютною величиною).

2. Це відстань від нульового коливального рівня до рівня відліку енергії, який відповідає атомам, що не взаємодіють.



3. $\mu[\text{кг}] = \mu[\text{a.o.m.}] / 1000 N_A$. З обчислених значень силових констант видно, що силові константи не залежать від атомних мас (розбіжність в межах похибки), а залежать лише від електронної оболонки молекули, тобто від заряду ядер та кількості електронів.

| Молекула | H ₂ | HD | D ₂ | H ³⁵ Cl | D ³⁵ Cl |
|--------------------------|----------------|---------|----------------|--------------------|--------------------|
| μ , а.о.м. | 0.5 | 0.66667 | 1.0 | 0.97222 | 1.89189 |
| k , кг·с ⁻² | 571.3 | 574.3 | 574.5 | 513.3 | 514.2 |

4. Енергія дисоціації молекул H₂, D₂ та HD різнитиметься лише за рахунок енергії нульових ($n = 0$) коливань, тоді як потенційна крива для цих молекул однакова. Отже (див. схему у відповіді на питання 2), слід до енергії дисоціації молекули H₂ додати енергію нульових коливань ($E_0[\text{Дж/моль}] = \frac{h\omega}{4\pi} \cdot N_A$) цієї молекули і відняти енергію нульових коливань молекули D₂ чи HD.

| Молекула | H ₂ | HD | D ₂ | H ³⁵ Cl | D ³⁵ Cl |
|-----------------------------|----------------|-------|----------------|--------------------|--------------------|
| E_0 , кДж/моль | 26.3 | 22.9 | 18.7 | 17.9 | 12.8 |
| $E_{\text{дис}}$, кДж/моль | 432 | 435.4 | 439.6 | | |

5. Обчислимо зміну енергії в реакції як різницю енергій дисоціації її учасників:

$$17.9 + 18.7 - 12.8 - 22.9 = 0.9 \text{ (кДж/моль)}, \text{ екзотермічна реакція.}$$

6. За вищої від абсолютного нуля температури заселяються вищі коливальні рівні молекул (збуджуються коливання з $n = 1, 2, \dots$). Оскільки ці рівні у реагентів і продуктів не збігаються, заселятися вони будуть по-різному. Цей факт в нашій схемі веде до зміни енергетики хімічної реакції.

Задача 7. Важливий елемент

При прожарюванні речовини **A** масою 2,00 г утворюються проста речовина масою 0,25 г, утворена елементом **X**, та бінарна сполука **A₁**, в якій масова частка елемента **X** $w(\text{X}) = 42,86\%$. Гідроліз **A₁** дає суміш газів **B₁** і **B₂**.

При взаємодії **B₁** з аміачним розчином купрум(І) оксиду випадає жовто-бурий осад **B**. Газ **B₁** вступає в реакцію Кучерова, при цьому утворюється кетон **Г**. При додаванні до **Г** концентрованої сульфатної кислоти утворюється ароматичний вуглеводень **Г₁** (масова частка $w(\text{X}) = 90\%$). Газ **B₂** взаємодіє в кислому середовищі з водою з утворенням речовини **Д**, яка є нестійкою і перегрупується у **Г**.

Також відомо, що при нагріванні **B₂** з металічним натрієм у середовищі $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$ утворюється лише **B₁**.

1. Визначте всі зашифровані сполуки і хімічний елемент **X**.
2. Напишіть рівняння гідролізу **A₁**.
3. Напишіть структурну формулу аніона, що входить до складу речовини **A₁**.
4. Які алотропні модифікації елемента **X** вам відомі? Наведіть не менш п'яти відповідей.

При прокалюванні вещества **A** массой 2,00 г образуются простое вещество массой 0,25 г, образованное элементом **X**, и бинарное соединение **A₁**, в котором массовая доля элемента **X** $w(\text{X}) = 42,86\%$. Гидролиз **A₁** приводит к образованию смеси газов **B₁** и **B₂**.

При взаимодействии **B₁** с аммиачным раствором оксида меди(І) выпадает жёлто-бурий осадок **B**. Газ **B₁** вступает в реакцию Кучерова, при этом образуется кетон **Г**. При добавлении к **Г** концентрированной серной кислоты образуется ароматический углеводород **Г₁** (массовая доля $w(\text{X}) = 90\%$). Газ **B₂** взаимодействует в кислой среде с водой с образованием вещества **Д**, которое неустойчиво и перегруппировывается в **Г**.

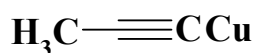
Также известно, что при нагревании B_2 с металлическим натрием в среде $(C_2H_5)_2O$ образуется только B_1 .

1. Определите все зашифрованные соединения и химический элемент X .
2. Напишите уравнение гидролиза A_1 .
3. Напишите структурную формулу аниона, входящего в состав вещества A_1 .
4. Какие аллотропные модификации элемента X вы знаете? Приведите не менее пяти ответов.

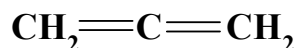
Розв'язок

1. Элемент X – карбон, B_1 – ацетиленовий вуглеводень. Ароматичні вуглеводні в кислому середовищі утворюються з метилкетонів. Отже, Γ_1 – C_xH_y , $w(C) = 12x/(12x+y) = 0,9$, звідки $x=1,33y$, Γ_1 – $(C_3H_4)_n$. При $n = 3$ Γ_1 – 1,3,5-триметилбензол. Γ – ацетон; B_1 – метилацетилен.

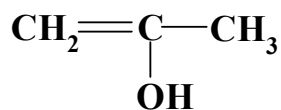
Сполука B :



Речовина B_2 – аллен:



Речовина D :



Речовина A_1 – карбід E_xC_y .

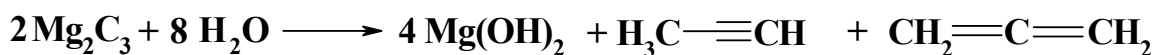
$$w(E) = x \cdot M(E) / (x \cdot M(E) + 12y) = 1 - 0,4286 = 0,5714;$$

$$0,5714 \cdot x \cdot M(E) + 6,8568y = x \cdot M(E); \quad M(E) = 16y/x.$$

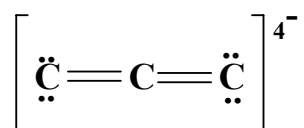
Умові задачі задовольняють $y=3$; $x=2$. Отже, речовина A_1 – Mg_2C_3 .

Шляхом нескладних підрахунків отримуємо, що сполука A – MgC_2 .

2.



3.



4. Алмаз, графіт, карбін, фулерен, вуглецеві нанотрубки.

Рекомендації з підготовки до IV етапу Всеукраїнської олімпіади з хімії (редакція 2009 року)

Опубліковано в газеті „Хімія. Шкільний світ”, № 32 (608), листопад 2009 р.

Рекомендації розроблено з урахуванням змісту програми для загальноосвітніх навчальних закладів із поглибленим вивченням хімії та силабусу Міжнародних хімічних олімпіад.

Перелік основних питань, у відповідності з якими готуються комплекти завдань IV етапу олімпіади, списки рекомендованої літератури та корисних веб-джерел сприятимуть самостійному навчанню майбутніх учасників олімпіад і допоможуть учителям належним чином організувати позакласні заняття.

Задачі, що стосуються питань, включених до програми для молодших класів, можуть входити до комплекту задач і для старших класів.

Загальна та неорганічна хімія

8 клас

1. Фізичні й хімічні процеси. Прості і складні речовини. Гетерогенні й гомогенні суміші. Розчини. Способи розділення сумішей (седиментація, флотація, просіювання, екстракція, магнітна сепарація, декантація, центрифугування, дистиляція, фільтрування, сорбція). Кількісний склад сумішей (масові, мольні, об'ємні частки).

2. Будова атома. Субатомні частинки. Іони. Типи радіоактивного випромінювання. Нуклонне число і нукліди. Ізотопи стабільні та радіоактивні. Радіоактивний розпад хімічних елементів. Ядерні реакції і період напіврозпаду. Дефект маси. Біологічна дія радіоактивного випромінювання.

3. Періодичний закон Д.І. Менделєєва і Періодична таблиця елементів. Залежність властивостей елементів від їх розташування в періодичній таблиці. Розміри атомів та іонів. Енергії іонізації, спорідненість до електрона, електронегативність. Взаємодія світла з речовиною. Будова електронної оболонки атома. Енергетичні рівні й підрівні, послідовність їх заповнення електронами. Принцип мінімальної енергії. Правило Клечковського, принцип Паулі, правило Хунда.

4. Хімічний зв'язок, його характеристики. Ковалентний та іонний типи зв'язку. Орбіталі та їх гібридизація. Просторова будова молекул та

іонів. Модель Гіллеспі. Будова речовини у конденсованому стані. Кристалічні ґратки – молекулярні, атомні, іонні, металічні. Координаційне число, елементарна ячейка. Залежність властивостей речовин від типів кристалічних ґраток.

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

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

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

8. Хімія елементів першого, другого та третього періодів. Хімія гідрогену, карбону, нітрогену, кисню, лужних та лужноземельних металів, галогенів, халькогенів, типових представників перехідних елементів. Фізичні і хімічні властивості води. Водневий зв'язок.

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

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

Загальна, неорганічна, фізична та аналітична хімія

9 клас

1. Поняття про еквівалент. Розрахунки із застосуванням закону еквівалентних відношень.

2. Ступінь окиснення. Окисники, відновники. Складання рівнянь окисно-відновних реакцій.

3. Поняття про енергетику хімічних реакцій. Закон збереження енергії. Перетворення енергії під час хімічних реакцій. Внутрішня енергія і тепловий ефект, ентальпія. Екзо- та ендотермічні реакції. Термохімічні рівняння. Закон Гесса. Теплоти утворення та горіння речовин, наслідки із закону Гесса. Розрахунки за термохімічними рівняннями. Тепловий ефект розчинення.

4. Початкові поняття хімічної кінетики. Швидкість хімічної реакції. Залежність швидкості реакції від концентрації реагуючих речовин. Закон діючих мас. Залежність швидкості реакції від температури і природи реагуючих речовин. Поняття про енергетичний бар'єр,

активованій комплекс, енергію активації. Залежність швидкості реакції від наявності каталізатора і від площі поверхні зіткнення реагуючих речовин. Поняття про ланцюгові реакції. Каталіз. Каталізатори та інгібітори. Теорія проміжних сполук. Загальні відомості про гомогенний і гетерогенний каталіз.

5. Початкові поняття про хімічні рівноваги. Оборотні (рівноважні) та необоротні (нерівноважні, спонтанні) процеси. Константа хімічної рівноваги. Порушення рівноваги внаслідок зміни концентрації будь-якої з речовин, що беруть участь у реакції, тиску і температури. Принцип Ле Шательє. Константа рівноваги, виражена через парціальні тиски (K_p). Розрахунки рівноваг у газовій фазі.

6. Розчини. Способи вираження концентрації розчину. Масова частка розчиненої речовини. Молярна концентрація розчиненої речовини. Молярна концентрацію еквівалентів речовини. Розчинність газів та твердих речовин. Закон Генрі. Розв'язування розрахункових задач, пов'язаних з розчинністю речовин і складом розчинів. Закон Генрі. Закон Рауля.

7. Електролітична дисоціація кислот, лугів, солей. Електроліти і неелектроліти. Механізми дисоціації речовин з іонним і полярним ковалентними зв'язками. Хімічні властивості кислот, основ, амфотерних сполук, солей у світлі уявлень про електролітичну дисоціацію. Іонні реакції у розчинах. Іонні рівняння реакцій. Поняття про ступінчасту дисоціацію. Ступінь дисоціації. Сильні та слабкі електроліти. Гідроліз. Константа рівноваги, виражена через молярні концентрації (K_c). Іонний добуток води. Константи дисоціації кислот та протонування основ. рН розчину. Визначення рН розчину за допомогою індикаторів. Буферні розчини. Комплексоутворення у розчинах. Константи рівноваги реакцій комплексоутворення. Добуток розчинності. Розрахунки рівноваг у розчинах. Теорії кислот та основ Бренстеда-Лоурі та Льюїса.

8. Початки електрохімії. Електрохімічні процеси. Поняття про електродний потенціал. Гальванічний елемент. Запис схеми гальванічного елемента. Визначення рН розчину електрометричним методом. Електроліз. Закони Фарадея. Електрохімічний еквівалент речовини. Розрахунки на основі використання законів Фарадея.

6. Хімія металічних елементів. Хімія неметалічних елементів.

7. Основи титриметричного аналізу. Обладнання для здійснення титриметричного аналізу. Кислотно-основне титрування. Вибір індикатора для встановлення кінцевої точки титрування. Пряме й обернене титрування.

10-11 класи

1. Теорія хімічного зв'язку. Основи квантово-хімічного опису хімічного зв'язку. Резонанс та резонансні структури. Делокалізація електронів, хімічний зв'язок у полієнах та ароматичних сполуках. Електронна та просторова будова і властивості координаційних сполук. Класифікація, номенклатура, ізомерія, забарвлення й магнітні властивості комплексів. Використання методів валентних схем та молекулярних орбіталей для опису електронної будови. Кислоти та основи Льюїса. Жорсткі і м'які основи за Пірсоном.

2. Основи термодинаміки. Система та її стани. Термодинамічні компоненти системи. Внутрішня енергія системи. Тепло та робота. Ентальпія, ентропія, енергія Гіббса. Ізохорний, ізотермічний, ізобарний, адіабатичний, процеси. Критерії самочинного перебігу спонтанних процесів. Термодинаміка фазових переходів. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Фазові діаграми стану. Правило фаз Гіббса, умови рівноваги між фазами. Константа рівноваги, виражена через мольні частки (K_x). Стандартна константа рівноваги (K^0). Зв'язок між константами рівноваги K^0 , K_p , K_x , K_c . Ізотерма хімічної реакції Вант-Гоффа. Залежність констант рівноваги від температури. Розрахунки рівноважного складу. Методи визначення молекулярних мас: криоскопія, ебуліоскопія, осмометрія.

3. Розподіл речовини між двома рідкими фазами, що не змішуються. Константа і коефіцієнт розподілу. Екстракція. Рівноваги в екстракційних системах.

4. Поверхневі явища та наноситеми. Вплив розмірів частинок на особливості їхніх хімічних властивостей та реакційну здатність. Колоїдні розчини. Поверхнево активні речовини. Міцели.

Явище адсорбції. Адсорбційна рівновага. Ізотерма Ленгмюра.

Наночастинки, наноструктури, наноматеріали. Засоби стабілізації наночастинок та їх асоціатів.

Фулерени. Їхні будова та хімічні властивості.

5. Електрохімія. Термодинамічні параметри хімічної реакції, що відбувається в гальванічному елементі. Робота гальванічного елемента. Класифікація електродів (I та II роду, газові, окисно-відновні) та електрохімічних кіл (хімічні, концентраційні). Залежність електрорушійної сили та потенціалів електродів від концентрації (активності) потенціаловизначаючих іонів, рівняння Нернста.

6. Хімічна кінетика. Механізм реакції, прості та складні реакції. Кінетичні криві, кінетичні рівняння. Порядок реакції та методи його визначення. Константа швидкості реакції, період напівперетворення. Молекулярність елементарних реакцій та її зв'язок із порядком реакції.

Інтегрування кінетичних рівнянь для реакцій різних порядків. Складні реакції. Паралельні реакції. Послідовні реакції. Оборотні реакції. Аналіз механізмів реакцій із використанням квазістаціонарного наближення.

Ферменти, їх склад і механізм дії. Кінетичні схеми і механізми ферментативних реакцій. Багатосубстратні реакції. Вплив температури і рН на швидкість ферментативної реакції. Індуктори й інгібітори; інактивація ферментів. Використання іммобілізованих ферментів.

7. Фізичні і фізико-хімічні методи дослідження й аналізу.

Електрохімічні методи аналізу: потенціометрія, кондуктометрія, амперметрія.

Оптичні методи аналізу.

Принципи і види хроматографії.

Інфрачервона спектроскопія, інтерпретація ІЧ-спектрів.

Спектроскопія магнітного резонансу. Поняття про ЕПР-спектри. ЯМР-спектроскопія: причини виникнення сигналу, інтенсивність та хімічний зсув, тонка структура ЯМР-спектрів; спин-спінова взаємодія (константи спин-спінової взаємодії та мультиплетність сигналу).

Мас-спектрометрія (принцип методу, молекулярні іони, фрагментація).

Рентгеноструктурний аналіз. Закон Бреґга.

8. Принципи функціонування хімічних виробництв. Хімічна та металургійна промисловість. Виробництво сірчаної, фосфорної, азотної кислот, лугів, содових продуктів, металів, добрив. Основні поняття та принципи „зеленої хімії”.

9. Окисно-відновне титрування. Осаджувальне титрування. рН-метричне титрування. Закон Ламберта-Бера. Колориметричний та спектрофотометричний аналіз.

10. Значущі цифри, похибки при аналітичних визначеннях та їх оцінка, перенос похибок при непрямих вимірюваннях. Побудова графіків.

Органічна хімія

9-10 класи

1. Будова органічних сполук. Основні типи зв'язків в органічних сполуках; σ - та π -зв'язки. Взаємодія валентних електронів. Полярність зв'язків. Індуктивний та мезомерний взаємний вплив атомів та груп атомів у молекулах органічних сполук.

2. Ізомерія. Типи ізомерії органічних сполук. Поняття про конфігурацію та конформацію. Хіральність. Типи хіральності органічних сполук. Енантіомери й діастереомери. Поняття про оптичну

активність органічних сполук. Номенклатура органічних сполук, в тому числі *цис-*, *транс-* та оптичних ізомерів (*R,S*-номенклатура).

3. Механізми органічних реакцій. Реакції заміщення. Нуклеофільне заміщення біля насиченого атома вуглецю. Механізми S_N1 та S_N2 . Електрофільне приєднання до кратного зв'язку. Електрофільне приєднання до спряжених дієнів. Механізм нуклеофільного приєднання до кратного зв'язку.

Радикали та їх реакції. Методи утворення вільних радикалів. Просторова будова й стабільність радикалів. Реакції, що контролюються симетрією. Реакції циклоприєднання. Реакція Дільса-Альдера. Реакції 1,3-біполярного приєднання. Сигматропні перегрупування.

4. Вуглеводні. Насичені вуглеводні (алкани). Гомологічний ряд та ізомерія алканів. Властивості алканів. Добування та застосування алканів. Циклоалкани. Стереохімія циклоалканів C_3 - C_7 . Поліциклічні насичені вуглеводні – декалін і адамантан, їх стереохімія та хімічні властивості. Ненасичені вуглеводні. Етилен та його гомологи (алкени). Фізичні та хімічні властивості, електронна будова алкенів. Утворення та стабільність карбокатионів. Дієнові вуглеводні та полієни. Бутадієн, ізопрен, аллен. Взаємодія електронів π -зв'язків у дієнах (кон'югація), зміщення електронної густини в кон'югованих системах атомів, вплив на хімічні властивості дієнів. 1,2- та 1,4-приєднання електрофілів. Ацетилен та його гомологи (алкіни). Електронна будова і хімічні властивості алкінів.

5. Галогенопохідні вуглеводнів. Будова галогенопохідних вуглеводнів; полярність зв'язку карбон – галоген. Добування, хімічні властивості галогенопохідних вуглеводнів. Нуклеофільне заміщення при sp^3 -гібридизованому атомі карбону. Застосування галогенопохідних вуглеводнів у побуті та в органічних синтезах. Добування та застосування металоорганічних сполук.

6. Спирти. Гомологічний ряд і номенклатура спиртів. Водневі зв'язки у спиртах. Синтез, хімічні властивості й застосування спиртів. Багатоатомні спирти. Етери, їх добування, хімічні властивості.

7. Уявлення про високомолекулярні органічні сполуки. Поняття мономеру та елементарної ланки полімеру. Добування полімерів методом полімеризації.

Органічна хімія та біохімія

11 клас

1. Ароматичні вуглеводні (арени). Бензол та його гомологи. Поняття ароматичності та антиароматичності. Небензоїдні ароматичні

системи. Номенклатура ароматичних вуглеводнів. Хімічні властивості аренів. Нуклеофільне та електрофільне заміщення в ароматичних сполуках. Добування та застосування ароматичних вуглеводнів. Взаємоперетворення насичених, ненасичених та ароматичних вуглеводнів.

2. Феноли. Взаємний вплив атомів у молекулі фенолу і пов'язані з цим його хімічні властивості. Кислотність фенолів. Добування фенолів.

3. Альдегіди та кетони. Номенклатура альдегідів та кетонів, будова їх молекул. Хімічні властивості альдегідів та кетонів. Синтез і застосування альдегідів і кетонів.

4. Карбонові кислоти та їх похідні. Номенклатура карбонових кислот, будова їх молекул; карбоксильна група. Хімічні властивості карбонових кислот. Мурашина, оцтова, стеаринова, бензойна, щавлева, янтарна та лимонна кислоти. Синтез і застосування карбонових кислот. Аспірин.

Похідні карбонових кислот: ангідриди, хлорангідриди, естери та аміді, їх добування й хімічні властивості. Солі карбонових кислот. Мила та мийні засоби.

5. Нітрогеновмісні органічні сполуки.

Аміни, поширеність у природі, номенклатура. Будова молекул амінів. Метиламін, триетиламін та анілін. Хімічні властивості амінів: реакції з кислотами (зіставлення з аміаком) та ангідридами кислот, галогеналканами. Четвертинні амонійні солі. Синтез та застосування амінів.

Нітроалкани та нітроарени, їх хімічні властивості та застосування. Оксими, гідразони, нітрили, гідроксамові кислоти, азиди та гідразиди.

6. Сульфуровмісні органічні сполуки. Тіоли і меркаптани, їх хімічні властивості й добування. Алкіл- і арилсульфо кислоти та їх естери. Хімічні властивості й добування.

7. Гетероциклічні сполуки. Поширеність гетероциклічних сполук у природі, їх застосування. Ароматичні п'яти- та шестичленні гетероцикли з одним гетероатомом. Їх синтез та хімічні властивості. Порівняння їх електронної будови і хімічних властивостей з бензолом.

8. Макроцикли: порфірини, краун-етери, криптанди, карцеранди, каліксарени, катенани, ротоксани тощо. Принципи темплатного синтезу.

9. Синтетичні та природні барвники, їх основні класи та застосування. Індиго, метилоранж, флуоресцеїн, флавоноли й халкони. Ціанінові барвники. Принципи залежності кольору органічної сполуки від її будови.

10. Ціанетилювання. Реакція Міхаеля. Реакції по карбонільній групі. Приклади приєднання до карбонільної групи спиртів, тіолів, ціановодню, HSO_3 , гідрид-іону. Реакція Мейервейна-Понндорфа. Реакція Канніцаро. Ацилоїнова конденсація. Приклади реакцій приєднання-відщеплення. Реакції з похідними аміаку. Гідроліз естерів. Приєднання нуклеофілів із вуглецевим центром. Взаємодія з металоорганічними сполуками. Приєднання ацетилід-іонів. Альдольна конденсація. Реакція Перкіна. Реакція Кневенагеля та Штоббе. Естерна конденсація Кляйзена. Бензоїнова конденсація. Бензилове перегрупування. Реакція Віттіга. Стереоселективність реакцій приєднання до карбонільної групи.

Реакції елімінації та їх механізми. Стереохімія процесів елімінації. Правила Зайцева та Гофмана. Стабільність, структура й перегрупування карбокатионів. Секстетні перегрупування. Реакції карбаніонів. Тавтомерні перетворення. Реакції приєднання та елімінації: карбоксилювання і декарбоксилювання. Приклади реакцій заміщення: дейтеро-водневий обмін, реакція Раймера-Тімана. Реакції окиснення.

11. Основні класи природних органічних сполук. Амінокислоти, пептиди, білки, склад їх молекул. Структури двадцяти природних амінокислот. Поширеність у природі. Хроматографія та електрофорез амінокислот. Взаємозв'язок будови молекул із фізичними властивостями. Хімічні властивості амінокислот. Синтез L-амінокислот та пептидів. Аналіз амінокислотної послідовності в пептидах. Структурні рівні організації білкових молекул. Денатурація і ренатурація білків. Методи виділення білків. Метаболізм білків. Чотири шляхи перетворення амінокислот у живих організмах. Практичне застосування амінокислот, пептидів та білків. Аспартам. Желатин. Роль АТФ у механізмах дії ферментів.

Вуглеводи. Поширеність у природі та застосування. Основні принципи процесу фотосинтезу вуглеводів, стадії темнова та світлова. Шляхи перетворення вуглеводів в організмі до молочної кислоти та етанолу. АТФ-баланс. Моносахариди, олігосахариди, полісахариди. α -D- і β -D-Глюкопіранози. Фруктоза. Три типи проєкцій моносахаридів: Фішера, Хеурта і сучасний тип. Дисахариди: мальтоза, целобіоза, лактоза й сахароза, склад їх молекул. Крохмаль і целюлоза.

Нуклеїнові кислоти. ДНК, РНК та їх складові. Рибоза та дезоксирибоза. Піримідинові та пуринові основи. Компліментарність основ і будова молекули ДНК. Будова й склад хромосоми. Реплікація ДНК, транскрипція генів, механізм синтезу білка. Мутації генів. Генна інженерія.

Жири та ліпіди. Тригліцериди, фосфоліпіди, гліколіпіди. Гліцеро- та сфінголіпіди. Хімічний синтез і біосинтез ліпідів. Метаболізм ліпідів. Ліпосоми й ліпопротеїни. Будова клітинної мембрани. Транспорт речовин через мембрану.

Вітаміни А-Е, Р та їх роль у життєдіяльності організмів. Стероїди: статеві гормони, жовчні кислоти, преднізолон. Терпени: камфора, ментол, валідол. Складові парфум. Антибіотики: пеніциліни, тетрацикліни. Алкалоїди груп хініну, кофеїну та нікотину. Їх практичне використання. Простагландини і їх практичне значення. Інсектициди та гербіциди. Репеленти й аттрактанти. Регулятори росту рослин.

12. Високомолекулярні сполуки. Синтетичні, природні та штучні полімери. Полімеризація і поліконденсація – основні методи синтезу полімерів. Регулярні та нерегулярні полімери. Типові представники полімерів різних класів. Синтетичні волокна. Проблеми утилізації відпрацьованих полімерних матеріалів та відходів.

13. Промислове виробництво органічних сполук. Природні джерела органічної сировини. Нафта, її склад, переробка та застосування нафтопродуктів. Паливно-мастильні матеріали. Природний та супутній нафтовий газ, їх склад, переробка та застосування продуктів переробки. Синтез-газ. Вугілля та його хімічне використання. Кокс.

Рослинна сировина в хімічних виробництвах. Біотехнології у виробництві хімічних сполук. Біосинтези етанолу, сахарози, фруктози та пеніциліну.

14. Якісний елементний аналіз. Реакції на функціональні групи. Визначення температури плавлення. Використання тонкошарової хроматографії, вибір елюентів.

Вибрана література для підготовки до IV етапу Всеукраїнської олімпіади з хімії

Підручники і навчальні посібники

Загальна і неорганічна хімія

1. Кузьменко Н.Е., Еремін В.В. Химия. 8-11 классы. Пособие для средней школы. М.: Экзамен, 2002.
2. Еремін В.В., Кузьменко Н.Е., Луїнін В.В., Дроздов А.А., Теренін В.И. Химия. 10 класс (профильный уровень). М.: Дрофа, 2008.

3. Кузьменко Н.Е., Еремін В.В., Попков В.А. Начала химии. Современный курс для поступающих в вузы. В 2 т. 14-е изд. М.: Экзамен, 2008 (або попередні видання).
4. Браун Т., Лемей Г. Химия в центре наук. – М.: Мир, 1983.
5. Крестов Г.А., Березин Б.Д. Основные понятия современной химии. Л.: Химия, 1986.
6. Попель П.П. Складання рівнянь хімічних реакцій. К.: Рута, 2000.
7. Ахметов Н.С. Неорганическая химия. 7-е изд. М.: Высшая школа, 2009 (або попередні видання).
8. Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л. Химические свойства неорганических веществ. М.: Химия, 2000.
9. Турова Н.Я. Таблицы-схемы по неорганической химии: учебно-справочное издание. М.: МЦНМО, 2009; Турова Н.Я. Неорганическая химия в таблицах. М., 1997.
10. Дей М. К., Селбин Дж. Теоретическая неорганическая химия. 3-е изд. М.: Химия, 1976.
11. Коулсон Ч. Валентность. М.: Мир, 1965
12. Кэмпбел Дж. Современная общая химия. В 3 т. М.: Мир, 1975.
13. Шрайвер Д., Эткінс П. Неорганическая химия. В 2 т. М.: Мир, 2009.
14. Реми Г. Курс неорганической химии. В 2 т. М.: Мир, 1972.
15. Некрасов Б.В. Основы общей химии. В 2 т. 4-е изд. М.: (або 3-тє вид., 1973).
16. Фиалков Ю.Я. Не только в воде. Л.: Химия, 1976.
17. Холин Ю.В., Слета Л.А. Репетитор по химии. Харьков: Фолио, 1998.

Фізична і колоїдна хімія

18. Физическая химия. В 2 кн.: Учебное пособие для вузов / К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнев и др. М.: Высшая школа, 1995.
19. Яцимирський В.К. Фізична хімія. Підручник для вищих навчальних закладів. Київ; Ірпінь: Перун, 2007.
20. Эткінс П., де Паула Дж. Физическая химия. В трех частях. М.: Мир, 2007.
21. Даниэльс Ф., Олберти Р. Физическая химия. М.: Мир, 1978.
22. Полторац О.М. Термодинамика в физической химии. М.: Высшая школа, 1991.
23. Грей Г. Электроны и химическая связь. М.: Мир, 1967.
24. Драго Р. Физические методы в химии. В 2 т. М.: Мир, 1981.
25. Еремін В.В. Теоретическая и математическая химия для школьников. М.: МЦНМО, 2007.

26. Жданов В.П. Скорость химической реакции. Новосибирск: Наука, 1986.
27. Ферми Э. Термодинамика. Харьков: Изд-во Харьковского ун-та, 1973.
28. Голиков Г.А. Руководство по физической химии. М.: Высшая школа, 1988.
29. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. 2-е изд. М.:Химия, 1989.

Аналітична хімія

30. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. В 2-х т. М.: Мир, 1979.
31. Лайтинен Г.А., Харрис В.Е. Химический анализ. М.: Химия, 1979.
32. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 т. 3-е изд. М.: Дрофа, 2005 (або попередні видання).
33. Мейтис Л. Введение в курс химического равновесия и кинетики. М.: Мир, 1984.
34. Фритц Дж., Шенк Г. Количественный анализ. М.: Мир, 1978.
35. Батлер Дж. Ионные равновесия. М.: Химия, 1973. 446 с.

Органічна хімія і біохімія

36. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко, А.Т.; Органическая химия. Учебник для ВУЗов. СПб: Иван Федоров, 2003 (або попередні видання).
37. Робертс Дж., Касерио М. Основы органической химии. В 2 т. 2-е изд. М.: Мир, 1978.
38. Шабаров Ю. С. Органическая химия. М., 1996. Т. 1, 2.
39. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. Львів: Центр Європи, 2001.
40. Нейланд О.Я. Органическая химия. М.: Высшая школа, 1990.
41. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. М.: Мир, 1974.
42. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. 4-е изд. М.: Химия, 1991 (або попередні видання).
43. Ингольд К. Теоретические основы органической химии. М.: Мир, 1973.
44. Марч Д. Органическая химия: реакции, механизмы и структура. Углубленный курс. В 4-х т. М.: Мир, 1987-1988.
45. Кери Ф., Сандберг Р. Углубленный курс органической химии. В 2 т. М., 1981.
46. Потапов В.М. Стереохимия. М.: Химия, 1988.

47. Ковтуненко В.О. Загальна стереохімія. Київ: Невтес, 2001,
48. Сергеев Н. М. Спектроскопия ЯМР (для химиков-органиков). М., 1981.
49. Пивоваренко В.Г. Основи біоорганічної хімії. Підручник для 11 класу загальноосвітньої школи з поглибленим вивченням хімії. 2-ге вид. К.: Освіта, 1998 (або 1-ше вид., 1995).
50. Мецлер Д. Биохимия. Химические реакции в живой клетке. в 3-х т. М.: Мир, 1980.

Збірники задач

51. Айлетт Б., Смит Б. Задачи и упражнения по неорганической химии. М.: Мир, 1967.
52. Будруджак П. Задачи по химии. М.: Мир, 1989.
53. Неділько С. А., Попель П.П. Загальна й неорганічна хімія: Задачі та вправи. К.: Либідь, 2001.
54. Адамович Т.П., Васильева Г.И., Попкович Г.А., Улазова А.Р. Сборник упражнений и усложненных задач с решениями по химии. Минск: Высшая школа, 1979.
55. Гольдфарб Я.Л., Ходаков Ю.В. Сборник задач и упражнений по химии. М.: Просвещение, 1979.
56. Николаенко В.К. Сборник задач по химии повышенной трудности. М.: МИРОС, 1996.
57. Свитанько И.В. Нестандартные задачи по химии. М.: МИРОС, 1995.
58. Олимпиады по химии. Сборник задач / И.И. Кочерга, Ю.В. Холин, Л.А. Слета, О.А. Жикол, В.Д. Орлов и С.А. Комыхов. Харьков: Ранок, 2002; Олімпіади з хімії. Збірник задач всеукраїнських, обласних, районних олімпіад з розв'язаннями, вказівками, відповідями / І.І. Кочерга, Ю.В. Холин, Л.О. Слета та ін. Харків: Ранок, Веста, 2004.
59. Слета Л.А., Холин Ю.В. 2002 задачи по химии. 2-е изд. Ростов-на-Дону, Феникс, 2006 (або 1-ше вид. Харьков: Фолио, 2003).
60. Лунин В. В., Ненайденко В. Г., Рыжова О. Н., Кузьменко Н. Е. Химия XXI века в задачах Международных Менделеевских олимпиад, М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006.
61. Еремин В.В. Задачи международных химических олимпиад (2001-2003). М.: Экзамен, 2004.
62. Задачи всероссийских олимпиад по химии. Под ред. В.В. Лунина. М.: Экзамен, 2003.
63. Всероссийская химическая олимпиада школьников. Под ред. Г.В. Лисичкина. М.: Просвещение, Учебная литература, 1996.

64. Слета Л.О., Чорний А.В., Холін Ю.В. 1001 задача з хімії з відповідями, вказівками, розв'язками. Харків: Ранок, 2000; Слета Л.А., Черный А.В., Холин Ю.В. 1001 задача по химии с ответами, указаниями, решениями. М.: Илекса, 2004.
65. Польские химические олимпиады / Э. Квапневский, Т. Шаршаневич, Р. Киешковский и др. М.: Мир, 1980.
66. Сорокин В.В., Загорский В.В., Свитанько И.В. Задачи химических олимпиад. Принципы и алгоритмы решений. М.: Изд-во МГУ, 1989.
67. Хвалюк В.Н., Головка Ю.С., Кананович Д.Г.. Олимпиады школьников по химии: теоретические задания с решениями. Ч. 1., 2007; Ч. 2, 2008. Минск: Нар. асвета.
68. Серета И.П. Конкурсные задачи по химии. К.: Вища школа (всі видання).
69. Хомченко Г.П., Хомченко І.Г. Задачі з хімії для вступників до вузів: Навчальний посібник. К.: Вища школа (всі видання).
70. Хомченко І.Г. Общая химия. Сборник задач и упражнений. М.: Новая волна, 2007 (або попередні видання). Хомченко І.Г. Збірник задач і вправ з хімії. К.: Вища школа, 1992.
71. Кузьменко Н.Е., Еремин В.В. 2500 задач по химии с решениями (для поступающих в вузы). М.: ОНИКС 21 век, Мир и образование, 2002.

Інтернет-ресурси

- Хімічні олімпіади в Україні <http://www-chemo.univer.kharkov.ua/olympiad.htm>;
- дистанційна підготовка до олімпіад у Московському державному університеті ім. М.В. Ломоносова <http://chem.olymp.mioo.ru/>;
- хімічні олімпіади Білорусі <http://superhimiki.at.tut.by/>;
- хімічні наука й освіта в Росії. Шкільні олімпіади з хімії <http://www.chem.msu.su/rus/olimp/>;
- міжнародні хімічні олімпіади:
 - 2010, Японія <http://www.icho2010.org/>,
 - 2009, Великобританія <http://www.icho2009.co.uk/>,
 - 2008, Угорщина <http://icho.hu/>,
 - 2007, Росія <http://www.icho39.chem.msu.ru/>,
 - 2006, Корея <http://icho2006.kcsnet.or.kr/>;
- електронна бібліотека навчальних матеріалів з хімії хімічного факультету Московського державного університету ім. М.В. Ломоносова <http://www.chem.msu.su/rus/elibrary/>;

- електронна бібліотека з хімії та техніки
<http://rushim.ru/books/books.htm>;
- хімічний розділ Нової наукової бібліотеки
<http://www.newlibrary.ru/genre/nauka/himija/>.

Рекомендації та список рекомендованої літератури підготували проф. Ю. В. Холін, к.х.н. Д. М. Волочнюк, к.х.н. К.С. Гавриленко, к.х.н. О. А. Жикол, к.х.н. М.О. Колосов, проф. І. В. Комаров, проф. С. А. Неділько, проф. В. Г. Пивоваренко, к.х.н. Л. О. Слета, О. Ю. Усенко, проф. В. К. Яцимирський (2004-2009 рр.).

Шановні викладачі, науковці, вчителі, студенти, аспіранти!

Запрошуємо до співробітництва. Візьміть участь у підготовці оригінальних і творчих завдань для наступних олімпіад!

Свої авторські завдання надсилайте електронною поштою на адресу **kholin@univer.kharkov.ua** до **15 жовтня 2010 року**.

З прикладами завдань минулих років і програмою олімпіади можна ознайомитись на веб-сторінці Всеукраїнських хімічних олімпіад

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

При укладанні завдань урахуйте, будь ласка, такі поради й побажання.

1. Не слід сподіватися, що учасники олімпіади знайомі з вузькоспеціальною інформацією чи деталями хімічної поведінки малопоширених елементів та сполук. У разі потреби необхідні дані слід ввести до умови задачі.

2. До одержання відповіді має вести ланцюжок логічних міркувань та/або математичних розрахунків; слід пам'ятати, що учні не зобов'язані відтворювати інтуїтивні припущення автора. В той же час, нестандартність умови, постановка таких питань, що стимулюють прояв учасниками олімпіади творчих здібностей, стануть запорукою того, що ваша задача увійде до комплекту завдань.

3. До умови слід включати декілька питань, формулюючи їх таким чином, щоб помилка, зроблена учнем на першому кроці розв'язку, не позбавляла його можливості одержати певну кількість балів на наступних етапах.

4. Слід чітко формулювати всі спрощення, які ви робите при укладанні задачі (наприклад, про перебіг реакцій до кінця; можливість використовувати округлені значення атомних мас; нехтувати розчинністю малорозчинних речовин тощо).

5. Треба пам'ятати, що талант – брат стислості, а занадто довгі умови погано сприймаються школярами.

6. Зміст завдань має узгоджуватися з Питаннями для підготовки до IV етапу Всеукраїнської олімпіади з хімії, оприлюдненими на веб-сайті олімпіад.

7. Український текст умов і розв'язків слід готувати за допомогою текстового процесору MS Word. Будь-які рисунки та формули в жодному разі не можна ставити "поверх тексту". Графічні об'єкти, які вставляються в документ Word із зовнішніх програм, слід належним чином конвертувати у формат "рисунок Microsoft Word".

З повагою,
голова журі 47 Всеукраїнської
олімпіади з хімії

Ю. Холін