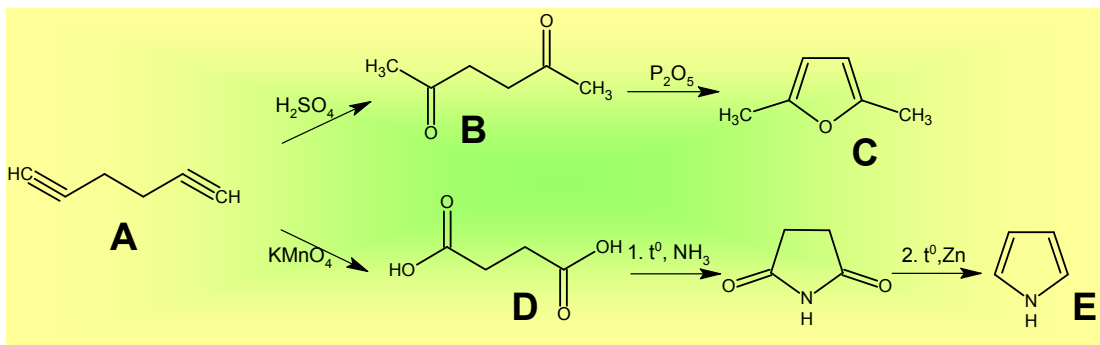


65-й річниці Перемоги
у Великій Вітчизняній війні
присвячується



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

Шановні учасники олімпіади!

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

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

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

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

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

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

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

8. При нестачі паперу звертайтеся до чергового в класі.

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

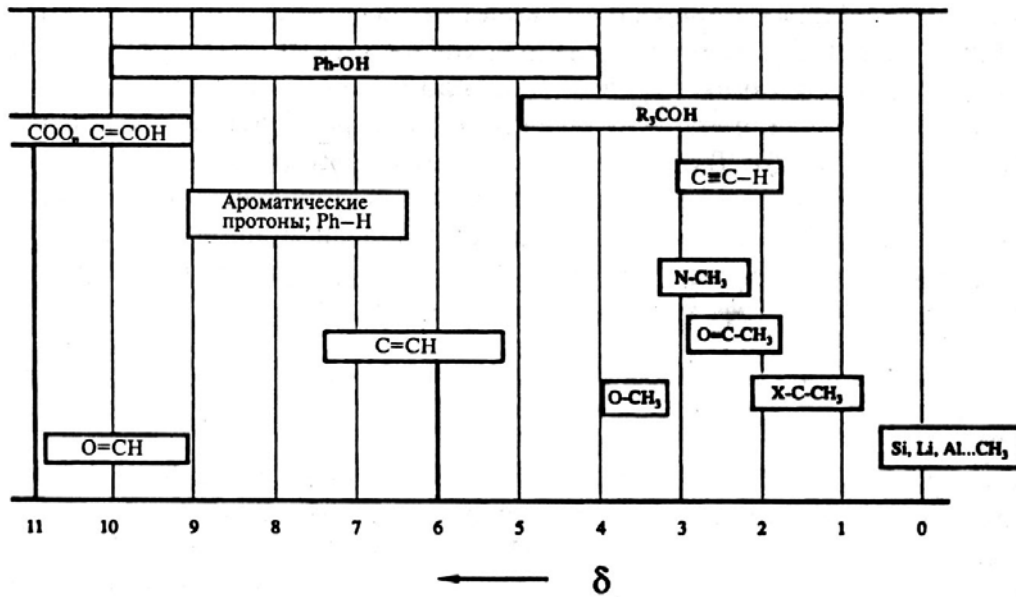
Корисна інформація

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 -								

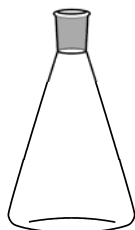
57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm -	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
89 Ac -	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	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 _____

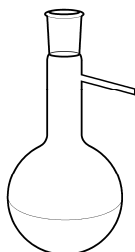
2



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 _____

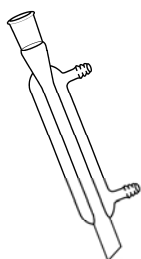
4



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 _____

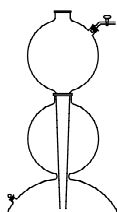
5



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 _____

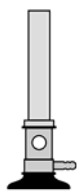
6



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 _____

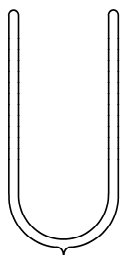
7



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 _____

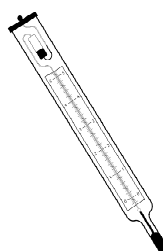
8



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 _____

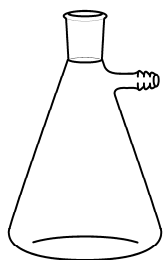
9



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 _____

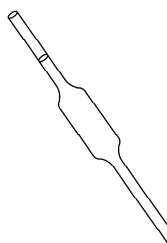
10



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 _____

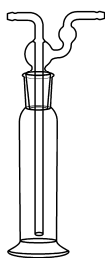
12



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

Штатив _____

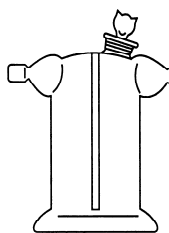
13



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 _____

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 купруму.

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?

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.

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 згоряння, 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.

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?

Задача 6. Газові розрахунки

До газової суміші, що складається з карбон(II) оксиду та етилену (C_2H_4), 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**?

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 ?

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 мм^3 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.

Задача 3. Мінерал

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

Якщо сполуку **A** нагрівати, то утвориться бінарні сполуки **C** та **D** (масова частка водню $w(\text{H}) = 11.11\%$). При дії на сполуку **C** 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.

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.

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.

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**?

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 .

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 ?

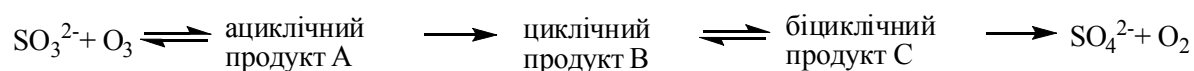
Залежно від рН окиснюються різні форми S(IV):

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

$\text{pK}_{a1}(\text{SO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1,89$; $\text{pK}_{a2}(\text{SO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 7,22$.

2. Напишіть вирази для швидкостей (v_1 , v_2 , v_3) окиснення різних форм S(IV) через концентрації реагуючих речовин ($\text{SO}_{2(\text{aq})}$ та $\text{O}_{3(\text{aq})}$), 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-} .

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 ?

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**.

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**?

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 кисню.

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 **K**?
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.

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 **G**, в якій масова частка деякого елемента дорівнює 56.22%, утворюється 1.2272 г речовини **B** і 0.2610 г речовини **B**. При взаємодії 1 моль Xe з 2 моль сполуки **B** утворюється 2 моль O_2 і солеподібна сполука **D**.

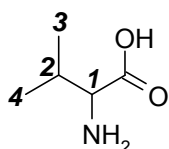
1. Визначте речовини **A–D**. Напишіть рівняння згаданих реакцій, якщо відомо, що:
 - до складу речовин **A–D** входить один і той же елемент;
 - молярна маса катіона в сполуці **D** дорівнює 150 г/моль;
 - катіон у сполуці **B** містить атоми лише одного хімічного елемента, широко поширеного в природі;
 - 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 **B** з: а) H_2O ; б) HNO_3 ; в) H_2SO_4 ; г) HCl , якщо відомо, що **B** у даних процесах є окисником.

11 клас

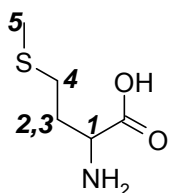
Задача 1. ^1H ЯМР спектри

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.

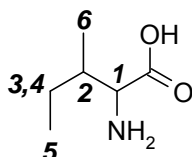
Примітка: в експериментах ЯМР як розчинник було використано дейтеровану воду, тому у спектрах не наведено сигнали розчинника та протонів, що здатні до обміну.



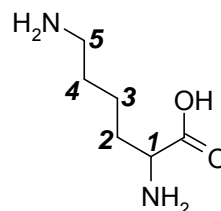
Валін



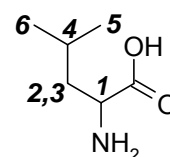
Метіонін



Ізолейцин

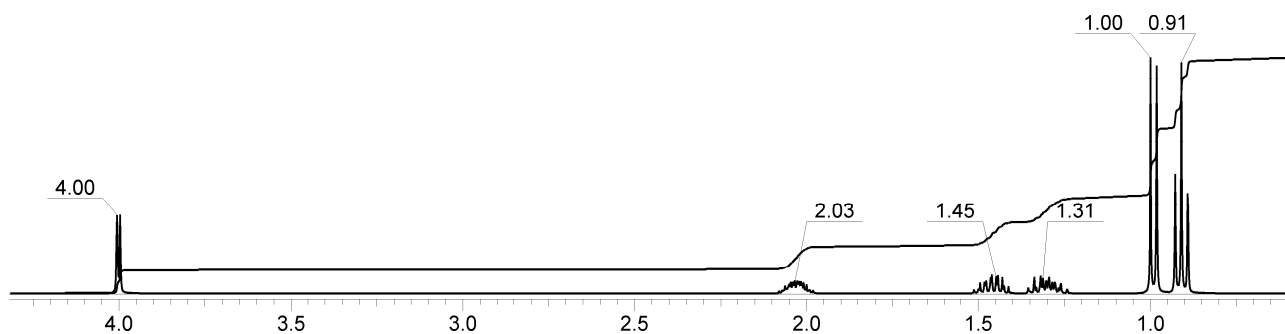


Лізін

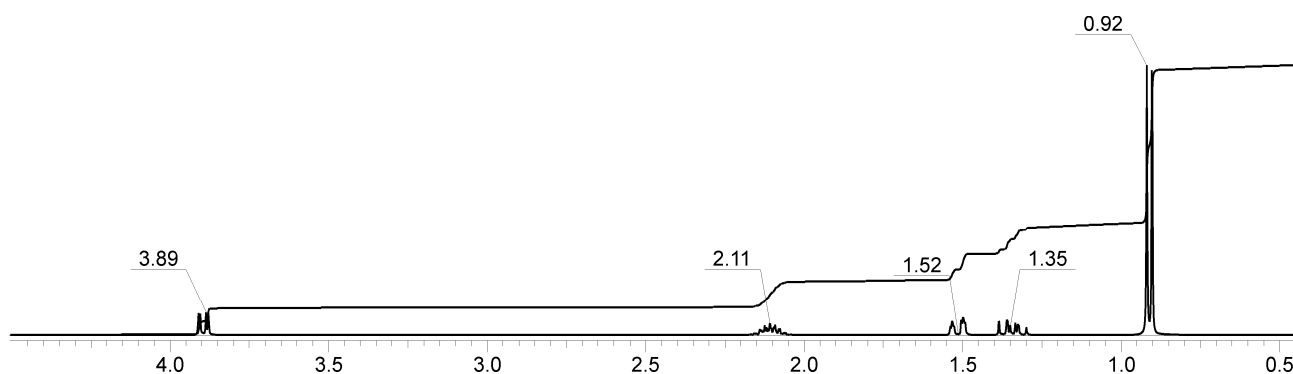


Лейцин

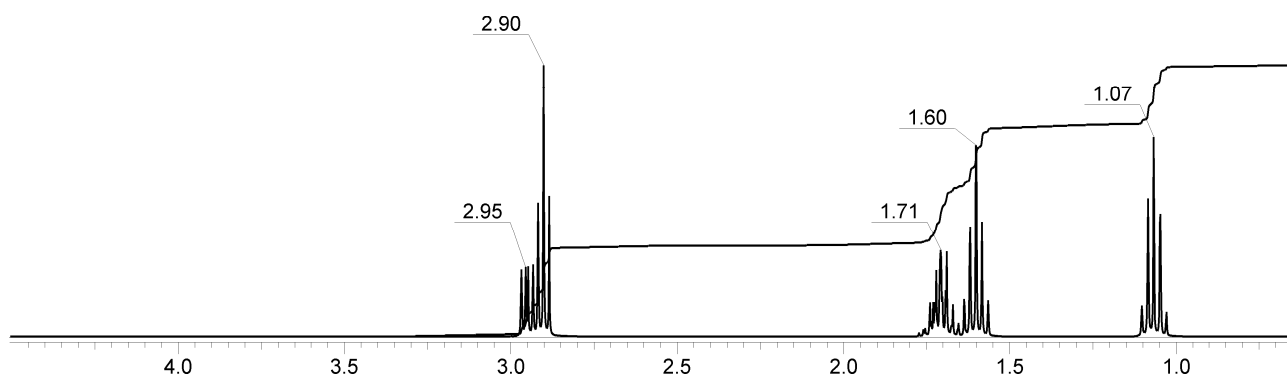
№ 1



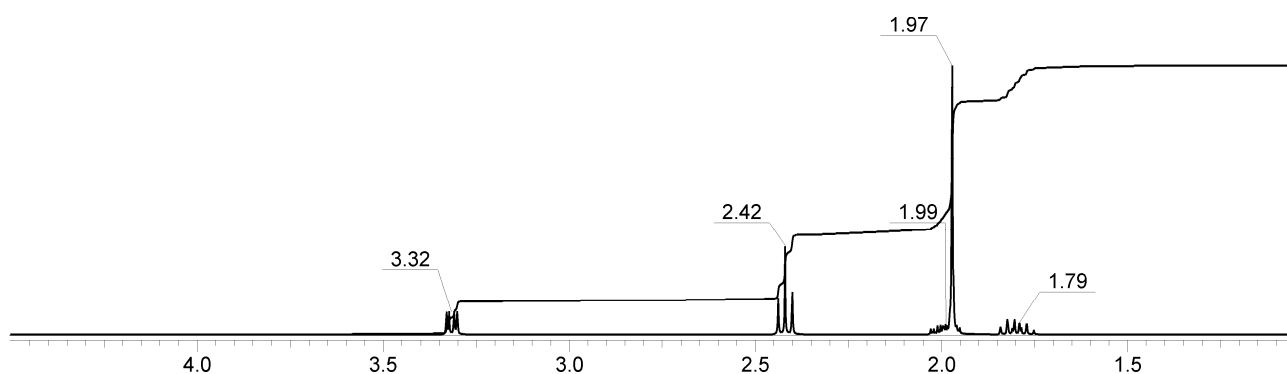
№ 2



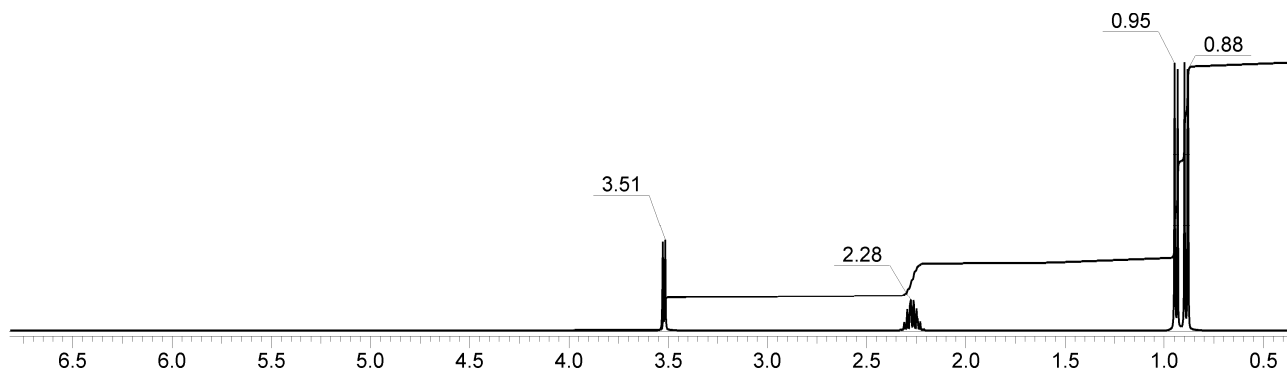
№ 3



№ 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					

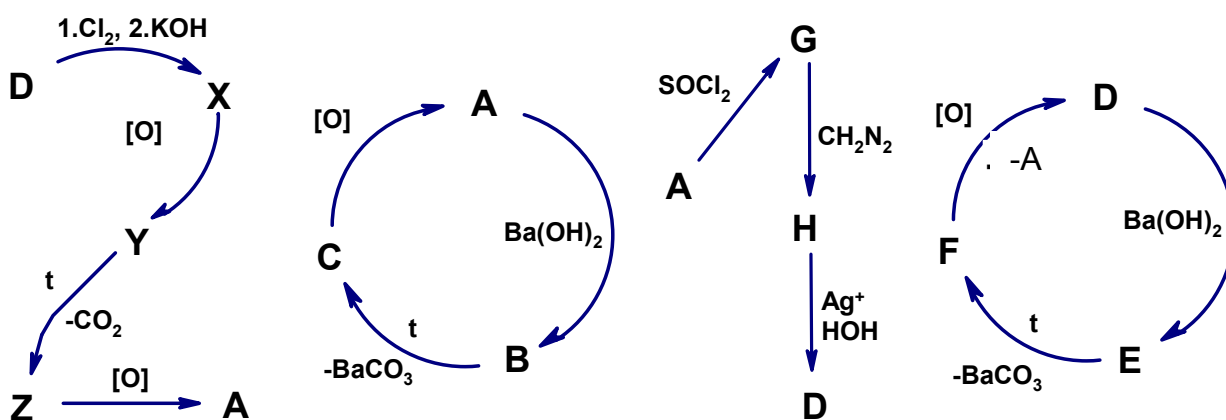
Спектр № 5

Амінокислота:

Сигнал	3.51	2.28	0.95	0.88
Мультиплетність				
Номер(и) протонів				

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.

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 $Me(тв) + H_2(г) = MeH_2(тв)$ з рівняння Вант-Гоффа витікає, що

$$\ln p_{H_2} = \frac{\Delta H}{RT} - \frac{\Delta S}{R}.$$

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/см^3 , як у MgH_2). Чи потрапляє ця величина в технологічно прийнятний інтервал "енергій зв'язку водню" $10\text{-}60 \text{ кДж/моль}$?
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?

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**.

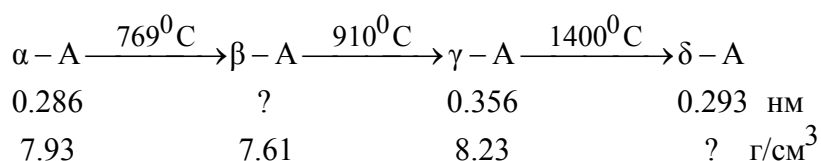
Задача 5. Ланцюжок

Сполуку **A** одержують з вінілетилового етеру в дві стадії: спочатку обробляють бромом на холоді, а потім спиртовим розчином калій гідроксиду. У присутності сульфатної кислоти **A** активно взаємодіє з метилфеніловим етером на холоді. 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.

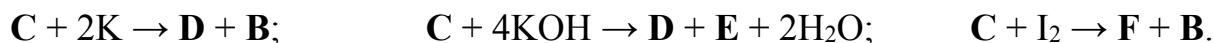
1. Встановіть будову сполук **A – D**. Напишіть рівняння реакцій.

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:



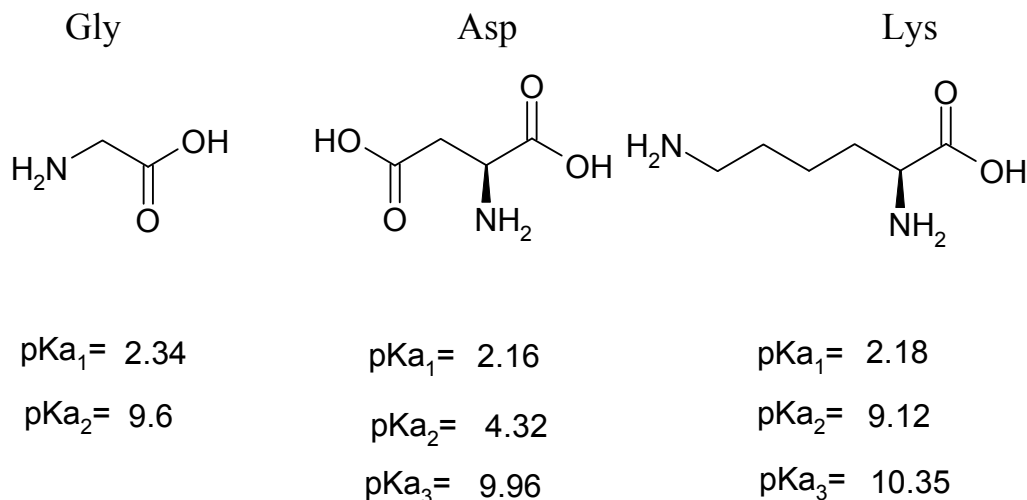
1. Визначте метал **A** та невідомі величини, позначені знаками питання, якщо α , β , δ – модифікації з об'ємноцентрованою кубічною ґраткою (один атом в центрі кубу та вісім у вершинах). Яку ґратку має γ -модифікація?
2. Розшифруйте всі сполуки, якщо відомо, що **E** та **D** є солями, а молекула **B**, 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**?

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 ІГ 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.

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.

Задача 2. Галогени

В таблиці наведено деякі параметри галогенів:

Елемент (E)	F	Cl	Br	I
Електронегативність	4,1	2,9	2,8	2,2
$E_{\text{зв.Е-Е}}^{\text{зв}}$, 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?

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.

Задача 4. Чи можливі такі взаємодії?

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

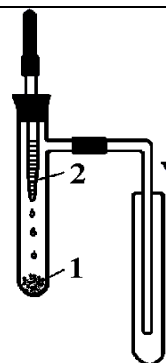
1. Метал + сіль цього ж металу.

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.

Задача 5. Ільменіт

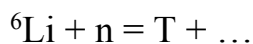
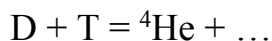
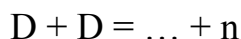
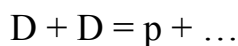
Ільменіт – метатитанат заліза, мінерал бурого або буро-чорного кольору, є одним із основних мінералів титану. В Україні родовища ільменіту знайдено в Дніпровсько-Донецькій та Причорноморській впадинах. Промислова обробка ільменіту починається з взаємодії з концентрованою сірчаною кислотою при 180-200°C. 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?

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 МеВ 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:



Довідник

$$m_p = 1.0073 \text{ а.о.м.}$$

$$m_n = 1.0087 \text{ а.о.м.}$$

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

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

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

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

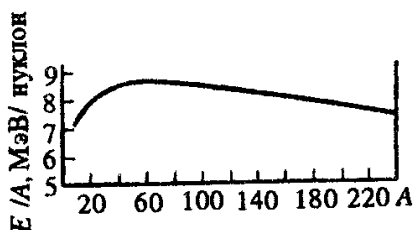
$$m({}^{209}\text{Bi}) = 208,98037$$

а.о.м.

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 ($E_{зв}$) до кількості нуклонів (A). Розрахуйте $E_{зв}/A$ для ядер ${}^4\text{He}$, ${}^{59}\text{Co}$, ${}^{209}\text{Bi}$.

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



4. Користуючись графіком, поясніть, чому для „легких” ядер енергетично вигідними (супроводжуються виділенням енергії) є реакції термоядерного синтезу, а для „важких” – реакції радіоактивного розпаду?
5. Обчисліть енергію (МеВ), що виділиться при утворенні одного ядра ${}^4\text{He}$ в ході гіпотетичної реакції: $D + D = {}^4\text{He}$.
6. Величезні енергетичні ефекти ядерних реакцій 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?

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 n -гексадекану ($C_{16}H_{34}$). Розрахуйте абсолютну і відносну похибки отриманого вами значення, якщо відомо, що експериментально визначена теплота згорання n -гексадекану складає $-10709,2$ кДж/моль.

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**?

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 осадки (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 $K_w = 1 \cdot 10^{-14}$.

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?

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 реакції.
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.

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 **Б** та прозорий розчин, з якого можна виділити лише 1,775 г речовини **В** (вона не є гідратом). Після обробці другої частини нітратною кислотою залишилося 1,435 г білого осаду **А** та утворився прозорий розчин речовини **Г**, на осаджувальне титрування якого витрачається 20,00 мл 0,05 М розчину NaCl. При прожарюванні осаду **А** з содою з наступним промиванням водою було отримано 1,08 г нерозчинної речовини **Б**.

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

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 луку 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 **А** Ваня обробив розчином $BaCl_2$, але жодних змін не відбулося. При додаванні розчину $AgNO_3$ до ще однієї порції розчину **А** утворився білий осад **Е**, що розчинився при додаванні до нього водного розчину NH_3 .

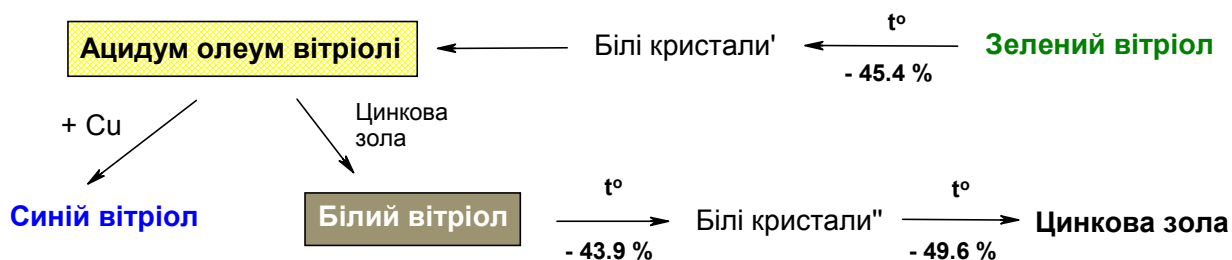
1. Встановіть формули сполук **А** – **Е**, якщо додатково відомо, що сполука **Б** при нагріванні розкладається з утворенням темно-зеленого оксиду, масова частка кисню в якому становить 31.6%.
2. Напишіть рівняння перетворень, зазначених в умові.

3. Яка реакція середовища розчину солі Д? Поясніть, чому.

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% купрум.

3. Що це за мінерал?

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

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 298K, 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 M розчину тіосульфату 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?

Задача 3. Спирти утворились!

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



F₁–F₅ – ізомерні спирти. Відомо, що всі вони знебарвлюють бромну воду, а F₄ та F₅ не містять кратних зв'язків. Відомо, що для молекули F₁ можлива Z,E-ізомерія, лише F₂ 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 F₂. Назвіть їх за R,S-номенклатурою.
4. Наведіть механізм хлорування пропілену за високої температури.

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 $\text{pH} = f(V_{\text{NaOH}})$. 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) рН у точці еквівалентності, б) рН вихідного розчину.

4. Якби галчонок Хватайка викрав рН-метр, який індикатор з нижче наведених слід використати для точного визначення точки еквівалентності? Відповідь обґрунтуйте.

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

Задача 5. Закон Гесса

На Землі у вільному стані зустрічаються три оксиди феруму: мінерали іоцит FeO , магнетит Fe_3O_4 та гематит ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$).

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 $800\text{-}1200^\circ\text{C}$ 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 $\Delta H^\circ_{\text{утв}}(\text{H}_2\text{O}) = -285.8$ кДж/моль).

Якщо магнетит окиснювати на повітрі за порівняно низької температури, утворюється інша форма оксиду феруму (III) – маггеміт ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Цю форму

Fe_2O_3 можна також отримати нагріванням гематиту до 680°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, термoeфекти яких ви використовуєте для розрахунків.

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.

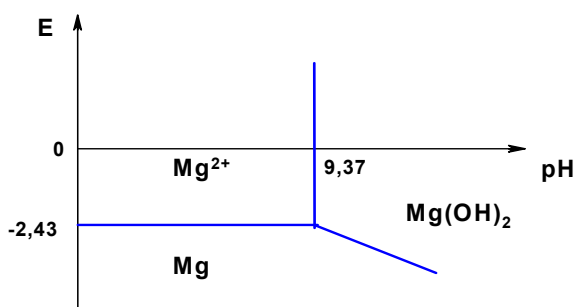
4. Наведіть механізм реакції речовини **C** з бромом при опроміненні (на прикладі утворення монобромпохідної). Який реагент зручніше використати для цього в лабораторії (замість бромовання при опроміненні)? Чому?

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?

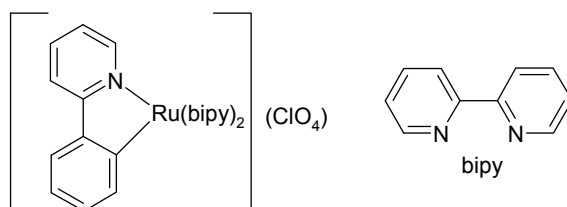
Задача 2. Каталіз

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, c	10	30	60	120
------	----	----	----	-----

[A], M	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:

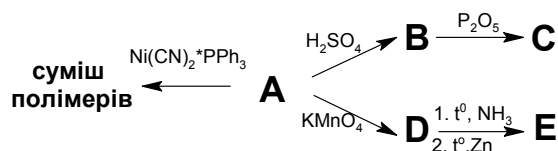


До якого класу хімічних сполук відноситься **A**? Напишіть рівняння реакції, наведеної в умові задачі, і запропонуйте формулу **B**.

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 хрому.

Задача 3. Полімеризація

Вуглеводень **A** (C_6H_6) за наведеною нижче схемою легко перетворюється в ароматичні сполуки **C** ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}$) та **E** ($\text{C}_4\text{H}_5\text{N}$). 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.

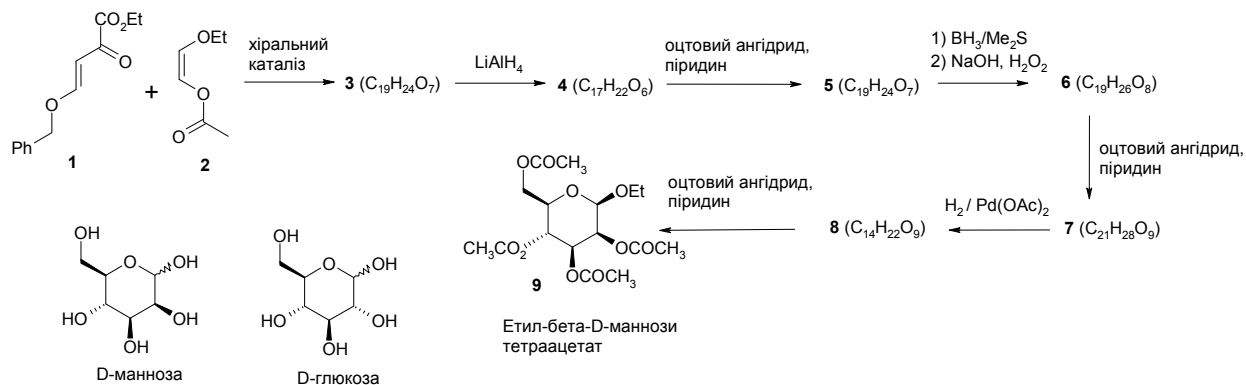


(H₂SO₄ – водний розчин, KMnO₄ – підкислений водний розчин при нагріванні)

1. Визначте сполуки А - Е.
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 А.
4. Поясніть відмінності в будові полімеру, отриманого з гомолога, який містить 8 атомів карбону, а також утворення тримеру.

Задача 4. Манноза по-датськи

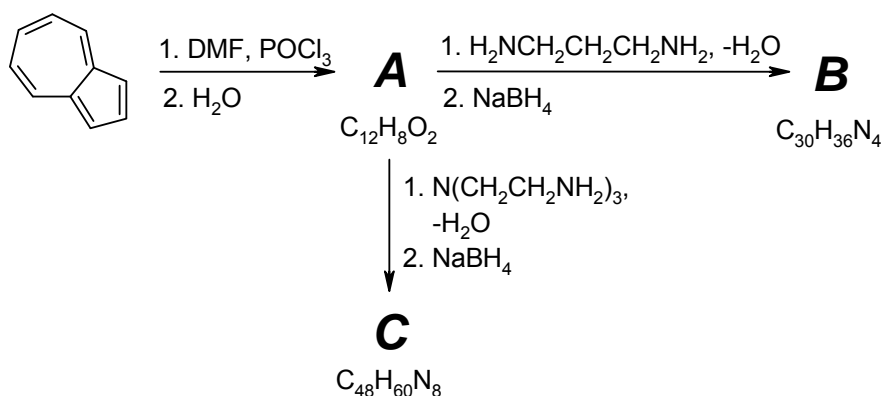
Нещодавно група вчених під керівництвом Карла Енкера Йоргенсена з Данії запропонувала ефективний метод синтезу похідних вуглеводів. Ключовою стадією, що формує карбоновий скелет сахариду, є так звана гетерореакція Дільса-Альдера між сполуками **1** та **2** з використанням хіральних металокомплексних 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) NaBH_4 ; б) HNO_3 ; в) EtSH , H^+ ; г) NH_2OH ; 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.

Задача 5. Етюд у синіх тонах

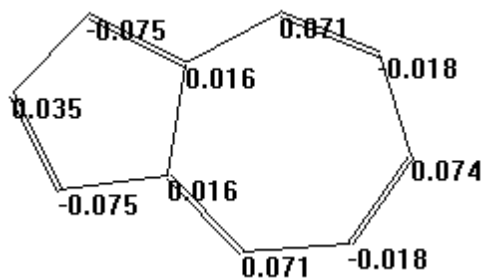
У 2001 році з виходом 56% вперше було отримано коронанд **B**, що містить в основі скелет азулену. Ті ж автори з виходом 12% отримали криптанд **C**. Нижче наведено схему одержання сполук **B** та **C**, виходячи з азулену (DMF – N,N-диметилформамід; NaBH_4 – борогідрид натрію, відновник).



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

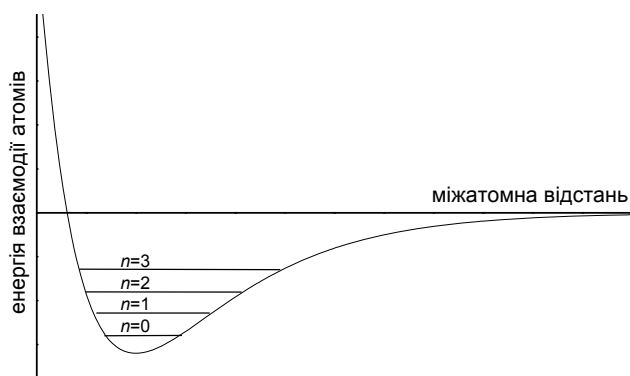
1.74 (4H, мультиплет), 2.18 (4H, широкий синглет), 2.74 (8H, триплет), 4.17 (8H, синглет), 7.01 (4H, триплет), 7.45 (2H, триплет), 7.67 (2H, синглет), 8.26

(4H, дублет), де числа позначають хімічний зсув сигналів, а у дужках наведено їхні інтегральну інтенсивність та мультиплетність.



1. 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.
2. Розшифруйте схему та зобразіть структури сполук **A** – **C**. Поясніть різницю у виходах реакцій утворення **B** та **C**.
3. Яка частинка атакує молекулу азулену в реакції одержання сполуки **A**? Вкажіть роль, яку ця частинка виконує у реакції (електрофіл чи нуклеофіл).
4. Якомога повніше співвіднесіть сигнали у спектрі ПМР сполуки **B**. Покажіть, що спектральні дані підтверджують результати квантовохімічних розрахунків.
5. Що таке криптанди та коронанди? Для чого вони застосовуються?

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 $0, 1, 2, \dots$;

ці рівні, відкладені від найнижчої точки графіка, схематично позначено на малюнку горизонтальними лініями.

З ІЧ-спектрів визначено частоти коливань 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 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. Узявши 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?

Задача 7. Важливий елемент

При прожарюванні речовини **A** масою $2,00 \text{ г}$ утворюються проста речовина масою $0,25 \text{ г}$, 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 B_1 з аміачним розчином купрум(I) оксиду випадає жовто-бурий осад B . Газ B_1 вступає в реакцію Кучерова, при цьому утворюється кетон G . При додаванні до G концентрованої сульфатної кислоти утворюється ароматичний вуглеводень G_1 (масова частка $w(X) = 90\%$). Газ B_2 взаємодіє в кислому середовищі з водою з утворенням речовини D , яка є нестійкою і перегрупується у G .

Також відомо, що при нагріванні B_2 з металічним натрієм у середовищі $(C_2H_5)_2O$ утворюється лише B_1 .

1. Визначте всі зашифровані сполуки і хімічний елемент X .
2. Напишіть рівняння гідролізу A_1 .
3. Напишіть структурну формулу аніона, що входить до складу речовини A_1 .
4. Які алотропні модифікації елементу X вам відомі? Наведіть не менш п'яти відповідей.

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 комплексу 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