



LVIII Всеукраїнська учнівська олімпіада з хімії

IV етап

Умови та розв'язки

**м. Чернівці
22-27 березня, 2024**

Пам'ятка учаснику олімпіади

1. На розв'язання теоретичних завдань **відводиться 4 години**. Час закінчення туру вказується на дошці. Затримка з припиненням роботи після закінчення часу роботи на 5 хвилин чи більше веде до скасування результатів туру.
2. При виконанні завдань дозволяється користуватися лише ручкою і довідковими матеріалами, виданими організаторами. Дозволяється також користуватися власними олівцями, лінійками і непрограмованими калькуляторами. Користуватися шпаргалками, гаджетами в тому числі мобільними телефонами та годинниками, додатковими довідковими матеріалами, консультуватися з будь-якими особами, окрім кураторів класів і спостерігачів у визначених випадках, **заборонено**.
3. З питаннями щодо правильного розуміння змісту завдань звертайтеся до куратора, якого запросить контролер.
4. Всі результати повинні бути записаними лише у **відведених для цього полях у листах відповідей**. Все, що написано в будь-якому іншому місці, не оцінюється. В якості чернетки ви можете використовувати зворотній бік листів або чистий папір. Якщо вам потрібно замінити зіпсований лист відповідей, звертайтеся до спостерігача.
5. В кожному питанні відмітьте ОДНУ правильну відповідь, закресливши відповідну комірку у **відведених для цього полях у листах відповідей**.
6. Якщо в умові задачі не сказано інше, при розрахунках використовуйте значення молярних мас елементів з двома знаками після коми.

Таблиця періодичної системи елементів

1 H 1.008	2 He 4.003															13 B 10.81	14 C 12.01	15 N 14.01	16 O 16.00	17 F 19.00	18 Ne 20.18																								
3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 Al 26.98	6 Si 28.09	7 P 30.97	8 S 32.07	9 Cl 35.45	10 Ar 39.95																												
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95																												
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80																												
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.96	43 Tc [98]	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29																												
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)																												
87 Fr (223)	88 Ra 226.0	89 Ac (227)	104 Rf (261)	105 Ha (262)																																									
<table border="1"> <tr> <td>58 Ce 140.12</td> <td>59 Pr 140.91</td> <td>60 Nd 144.24</td> <td>61 Pm (145)</td> <td>62 Sm 150.36</td> <td>63 Eu 151.96</td> <td>64 Gd 157.25</td> <td>65 Tb 158.93</td> <td>66 Dy 162.50</td> <td>67 Ho 164.93</td> <td>68 Er 167.26</td> <td>69 Tm 168.93</td> <td>70 Yb 173.05</td> <td>71 Lu 174.97</td> </tr> <tr> <td>90 Th 232.04</td> <td>91 Pa 231.04</td> <td>92 U 238.03</td> <td>93 Np 237.05</td> <td>94 Pu (244)</td> <td>95 Am (243)</td> <td>96 Cm (247)</td> <td>97 Bk (247)</td> <td>98 Cf (251)</td> <td>99 Es (254)</td> <td>100 Fm (257)</td> <td>101 Md (256)</td> <td>102 No (254)</td> <td>103 Lr (257)</td> </tr> </table>																		58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (257)	101 Md (256)	102 No (254)	103 Lr (257)
58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97																																
90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (257)	101 Md (256)	102 No (254)	103 Lr (257)																																

Електрохімічний ряд напруг елементів:

Li	K	Ba	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Cr	Zn	Fe	Co	Sn	Pb	H ₂	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----------------	----	----	----	----	----

Довідкові матеріали

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

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

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

Р - Розчинна речовина (розчинність більше 1г. на 100г. води)

Н - Практично не розчинна речовина (розчинність менше 0,01г. на 100г. води)

· - Речовина не стійка і розкладається при утворенні

М - Малорозчинна речовина (розчинність від 0,01г. до 1г. на 100г. води)

Г - Речовина існує, але взаємодіє з водою, її неможливо виділити з розчину (розчинність визначити неможливо)

— - Речовина не існує, або немає достовірних відомостей про її існування

8 клас. I тур (тести)

Автори: Сімонов Андрій, Камалова Еліна, Комарницький Олег, Омелянчук Владислав, Ганопольський Антон

1. Який ступінь окиснення має атом Оксигену в сполучі оксиген дифторид?

A) -2

Б) -1

В) 0

Г) +2

2. Виберіть варіант відповіді, в якому елементи розташовані в порядку збільшення їх електронегативності

A) Sc > Ca > Y > Sr

Б) Ba < Ce < Zr < V

В) Ga < In < Sn < Ge

Г) As > Se > Br > S

3. Взаємодія з яким катіоном лежить в основі якісної реакції на аніон F⁻?

A) Ba²⁺

Б) Fe³⁺

В) Ca²⁺

Г) NH₄⁺

4. У якого з наведених нижче атомів найменша енергія йонізації?

A) Sr

Б) Be

В) Ra

Г) Ca

5. Який енергетичний підрівень, як правило, буде заповнюватись наступним після 6s-підрівня за правилом Клечковського?

А) 4f

Б) 6p



В) 5f

Г) 6s

6. Скільки потрібно додати води до 31 г натрій оксиду, щоб отримати 20%-ий розчин натрій гідроксиду?

А) 200 г

Б) 170 г

В) 169 г

Г) 160 г

7. Яку масу має о-фосфатна кислота, в якій кількість речовини атомів Оксигену – 2 моль?

А) 49 г

Б) 98 г

В) 196 г

Г) 392 г

8. Який тиск буде мати 33.6 л гелію у кульці об'ємом 16 л за температури 35 °С?

А) 114.26 кПа

Б) 114.26 Па

В) 239.95 кПа

Г) 239.95 Па

9. Яка маса білого осаду утвориться при пропусканні через взятий у надлишку розчин барій гідроксиду газоподібного продукту взаємодії 2,10 г харчової соди і 1,80 г оцтової кислоти?

А) 5,93 г

Б) 1,10 г

В) 6,48 г

Г) 4,93 г

10. Визначте мінімальну молярну масу сполуки, якщо елементний аналіз показав, що вона має такий склад: $w(\text{H}) - 1.03 \%$, $w(\text{S}) - 32.99 \%$ і $w(\text{O}) - 65,98 \%$?

А) 98 г/моль

Б) 97 г/моль

В) 194 г/моль

Г) 178 г/моль

11. Вкажіть, який з нижченаведених елементів має найбільший радіус атома

А) Cl

Б) Tl

В) Bi

Г) Ge

12. 12 г NaOH розчинили у 100 мл води. До розчину додали 6 мл 32%-го розчину HCl (густина розчину 1,15 г/мл). Визначте масову частку NaCl в утвореному розчині.

А) 3,0%

Б) 2,5%

В) 5,5%

Г) 29%

13. Скільки електронів беруть участь в утворенні π -зв'язків в молекулі (CN)₂

А) 2

Б) 4

В) 6

Г) 8

14. Вкажіть кількість нейтронів в ізотопі ⁸⁷Rb

А) 37

Б) 87

В) 50

Г) 40

15. Вкажіть суму коефіцієнтів в рівнянні реакції калій перманганату з хлоридною кислотою (HCl).

А) 21

Б) 26

В) 31

Г) 35

16. Яку суміш сухих солей неможливо розділити розчиненням та наступною фільтрацією?

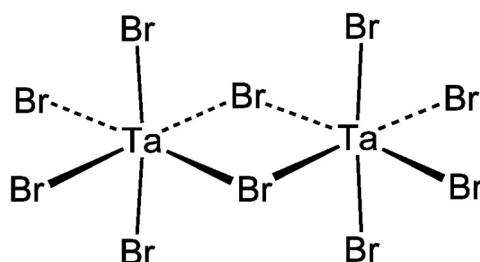
A) KNO_3 та CaCO_3

Б) NaBr та AgCl

B) BaSO_4 та CuSO_4

Г) NH_4Cl та AgCl

17. Тантал(V) бромід зазвичай існує у вигляді димеру, який зображено нижче. Визначте координаційне число Танталу у цій сполуці.



A) 5

Б) 6

B) 10

Г) 12

18. Який з хлоридів наступних елементів є найменш стабільним за кімнатної температури?

A) VCl_3

Б) VCl_5

B) NbCl_5

Г) TaCl_5

19. Розчин містить 0.1 M йонів Sr^{2+} та 0.1 M Ag^+ . Додавання яких йонів у кількості 0.5 M спричинить випадіння в осад стронцію, але не аргентуму?

A) NaNO_3

B) NaOH

Б) NaF

Г) NaCl

20. Скільки електронів з квантовими числами $n = 4$, $l = 2$ міститься в атомі Ga?

A) 0

Б) 1

В) 2

Г) 3

21. Який з наступних нуклідів є можливим продуктом одностадійного (α – або β – розпаду) ^{223}Fr ?

А) ^{221}At

Б) ^{219}Bi

В) ^{223}Ra

Г) ^{223}Ac

22. 20 г речовини розчиняють в 200 мл води. Яка з наступних речовин при розчиненні утворює розчин з найменшою масовою часткою солі в розчині?

А) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Б) $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

В) $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Г) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

23. Яке з наступних тверджень є вірним щодо солі $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$?

А) Сполука містить один йонний зв'язок, один π -зв'язок та два σ -зв'язки.

Б) Сполука містить один йонний зв'язок, один π -зв'язок та три σ -зв'язки.

В) Сполука містить два йонних зв'язки, один π -зв'язок та три σ -зв'язки.

Г) Сполука містить два йонних зв'язки, два π -зв'язки та шість σ -зв'язків.

24. За день з 1 г ізотопу радію-224 розпадається 0,18 г. Визначте період напіврозпаду радію-224.

А) 3,5 дні

Б) 4 дні

В) 5 днів

Г) 5,5 днів

25. Як правильно приготувати 500 мл 2.00 М водного розчину H_2SO_4 за допомогою дистильованої води ($M=18.02$ г/моль, густина 1.00 г/мл) та концентрованої H_2SO_4 ($M=98.08$ г/моль, густина 1.84 г/мл)?

А) Зважити 98,1 г концентрованої сульфатної кислоти мірному стакані об'ємом 500 мл, а потім повільно доводити водою об'єм суміші до 500 мл.

Б) Зважити 98,1 г концентрованої сульфатної кислоти в мірну колбу та додати дистильовану воду до відмітки на колбі.

В) Зважити 98,1 г сульфатної кислоти в 100 мл стакан, а потім повільно додавати H_2SO_4 в 500 мл стакан, що містить приблизно 250 мл води. Далі перелити цей розчин в 500 мл мірну колбу та довести до відмітки розчин дистильованою водою.

Г) Зважити 446,6 г дистильованої води в 500 мл мірну колбу та довести розчин сульфатною кислотою до відмітки.

26. Ацетон має тиск насиченої пари 0.307 Бар при 25°C. Зразок 0,1 моль ацетону вміщують в 1 л контейнер, що містить 1 л аргону при 1,00 Бар та 25°C. Далі об'єм контейнеру збільшують до 4,00 л за тієї ж температури. Який тиск встановиться в контейнері після цього?

А) 0,250 Бар

Б) 0,307 Бар

В) 0,557 Бар

Г) 0,870 Бар

27. Суміш 0,50 моль H_2 та 1,3 моль аргону знаходиться в замкненому контейнері об'ємом 4,82 л. Якщо температура в реакторі 50,0°C, який парціальний тиск H_2 в суміші?

А) 1,5 атм

Б) 2,8 атм

В) 7,2 атм

Г) 9,9 атм

28. Яка концентрація йонів кальцію в розчині об'ємом 350 мл, який містить 7,50 г $CaCl_2$?

А) 0,193 М

Б) 0,252 М

В) 0,284 М

Г) 0,535 М

29. Як можна описати геометрію молекули $SOCl_2$?

А) Рівносторонній тетраедр

Б) Плоский трикутник

В) Квадрат

Г) Нерівносторонній тетраедр

30. Яку максимальну масу HF можна отримати з водню, що утворюється в процесі реакції 2,4 г борану (BH_3) з 3,1 г води?

А) 2,4 г

Б) 3,1 г

В) 6,9 г

Г) 9,3 г

31. Бінарна сполука містить 12,5% одного з елементів. Ця сполука реагує з водою з виділенням водню. Який елемент може знаходитися в цій сполуці?

А) Si

Б) Al

В) Be

Г) Mg

32. 1,00 г оксиду елемента X реагує з гідроген пероксидом з утворенням кислоти масою 1,31 г. Інших сполук в цій реакції не утворюється. Визначте елемент X.

А) Te

Б) Se

В) Ge

Г) As

33. Молибден(VI) оксид можна отримати прожарюванням солі X за температури 1100°C . В процесі реакції утворюється суміш амоніаку та води в мольному співвідношенні 2:1. Якщо 12 г солі X прожарити за цієї температури, утвориться 10 л газу при тиску 120,87 кПа. Вкажіть кількість атомів в молекулі X.

А) 7

Б) 12

В) 15

Г) 19

34. Триполіфосфатна кислота $\text{H}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ може розщеплюватися лугом NaOH (2 M) до солі ортофосфатної кислоти, продукту повної нейтралізації ортофосфатної кислоти. Який об'єм розчину лугу необхідний для розщеплення 20 г триполіфосфатної кислоти.

А) 348 мл

Б) 116 мл

В) 232 мл

Г) 464 мл

35. Скільки неспарених електронів знаходиться на валентному рівні йону феруму з зарядом $3+$?

А) 5

Б) 6

В) 7

Г) 8

36. У реакторі об'ємом 2,0 л при 25°C спочатку містилися азот (N_2) під тиском 300 кПа та кисень (O_2) під тиском 500 кПа. Потім до того ж реактору додавали водень (H_2) до тих пір, поки загальний тиск не досягнув 1200 кПа за тієї ж температури. Який парціальний тиск водню встановиться в реакторі?

А) 200 кПа

Б) 400 кПа

В) 600 кПа

Г) 800 кПа

37. При пропусканні дугового розряду через цей реактор (п.36) кількісно утворився гідроген пероксид, що сконденсувався на стінках реактора. Яка мольна частка азоту в газовій фазі цього реакторі?

А) 25%

Б) 50%

В) 75%

Г) 90%

38. Розглянемо неорганічні сполуки натрій хлорид (NaCl), силіцій карбід (SiC) та магній оксид (MgO). Кожна з цих сполук утворена за допомогою різних типів хімічних зв'язків. Яке твердження є вірним стосовно типів зв'язків у цих сполуках?

А) натрій хлорид (NaCl) утворений за допомогою ковалентного зв'язку між атомами Натрію та Хлору з рівномірним розподілом електронів.

Б) силіцій карбід (SiC) складається з атомів Силіцію та Карбону, сполучених металічним зв'язком.

В) магній оксид (MgO) містить іонний зв'язок, при якому магній віддає два електрони Оксигену, утворюючи стабільну йонну решітку.

Г) у силіцій карбіді (SiC) атоми Силіцію та Карбону сполучені йонними зв'язками, з передачею електронів від атомів Силіцію до атомів Карбону.

39. Яка просторова будова молекули ClF_3 ?

- А) тригональна біпіраміда
- Б) тригональна піраміда
- В) трикутна

Г) Т-подібна

40. Яка з перелічених кислот є найсильнішою у водному розчині?

- А) HF
- Б) HCl
- В) HBr

Г) HI

41. Який з наведених металів не реагує з концентрованим розчином нітратної кислоти за стандартних умов?

- А) Sn
- Б) Cu

В) Al

Г) Zn

42. У якій зі сполук елемент V групи має найбільшу валентність?

А) NH_4Cl

Б) HPO_3

В) HNO_3

Г) HClO_4

43. У якій зі сполук масова частка Феруму найбільша?

А) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$

Б) CuFeS_2

В) $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$

Г) FeSb_2S_4

44. Який коефіцієнт необхідно поставити перед формулою окисника в наведеній схемі реакції:



А) 1

Б) 2

В) 3

Г) 5

45. Визначте склад газової суміші (у об'ємних %), що складається з азоту та водню, якщо за температури 127°C і тиску 10 атм її густина дорівнює 1,28 г/л.

А) 1,17% H_2 та 98,83% N_2

Б) 92,8% H_2 та 7,2% N_2

В) 14,7% H_2 та 85,3% N_2

Г) 91,5% H₂ та 8,5% N₂

46. Визначте масову частку домішок у 7,35 г порошку невідомої солі натрію, якщо при його розчиненні та подальшому додаванні розчину аргентум(I) нітрату утворюється 9,40 г яскраво-жовтого осаду.

А) 18,4%

Б) 81,6%

В) 13,1%

Г) 27,9%

47. Яка маса калій нітрату викристалізується при охолодженні 600 г насиченого розчину від 90°C (розчинність KNO₃ за 90°C складає 200 г на 100 г води) до 30°C (розчинність KNO₃ за 30°C складає 46 г на 100 г води)?

А) 400,0 г

Б) 256,2 г

В) 308,0 г

Г) 189,0 г

48. Визначте масову частку NaCl після змішування 25 мл розчину з $w(\text{NaCl})=13.45\%$ (густина 1,05 г/мл) і 45 мл розчину з $w(\text{NaCl})=35\%$ (густина 1,12 г/мл).

А) 45.94%

Б) 27.62%

В) 31.45%

Г) 64.45%

49. Який з методів можна використати для виділення Cu(OH)₂ з розчину?

А) Флотація

Б) Екстракція

В) Магнітна сепарація

Г) Фільтрація

50. Яка з перелічених речовин має йонну кристалічну ґратку?

А) Цукор

Б) H₂SO₄

В) Mn₂O₇

Г) Cs₂O



51. Розрахуйте кількість речовини H_2SO_4 в пробі, якщо кількість атомів у пробі становить $4,214 \cdot 10^{24}$.

- A) 0,3
- Б) 0,45
- В) 0,072

Г) 1

52. При спалюванні 1,55 г простої речовини елементу X утворюється оксид формули X_2O_5 масою 3,55 г. Визначте елемент X.

А) Р

- Б) N
- В) As
- Г) S

53. Яка з наведених речовин буде мати найвищу температуру кипіння?

А) H_2S

Б) H_2O

- В) H_2Se
- Г) H_2Te

54. 8 г вуглецю спалили в реакторі з чистим киснем і отримали еквімолярну суміш CO і CO_2 . Який початковий тиск кисню мав бути в реакторі, якщо $V=5$ л і $T=298\text{K}$?

А) 540,34 кПа

Б) 245,28 кПа

- В) 542,65 кПа
- Г) 124,55 кПа

55. Скільки існує однозаряджених аніонів, що одночасно містять по одному атому Оксигену, Нітрогену та Карбону та не порушують правило октету?

А) 1

Б) 2

- В) 3
- Г) 4

56. Наведіть можливий продукт реакції тіофосфорил хлориду (SPCl_3) з натрій гідроксидом.

A) Na_3SPO_3

Б) NaHPO_3

В) P_2O_5

Г) POCl_3

57. Який кут між зв'язками в йоні I_3^- ?

A) 180°

Б) 120°

В) 109.5°

Г) 90°

58. Скільки атомів Оксигену знаходиться в 1.00 г трогеріту $(\text{UO}_2)_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$?

A) $6,47 \times 10^{21}$

Б) $8,31 \times 10^{21}$

В) $1,20 \times 10^{22}$

Г) $1,39 \times 10^{22}$

59. Магній згоряє на повітрі з утворенням суміші MgO та Mg_3N_2 . 1,000 г магнієвої стружки згоряє з утворенням 1,584 г суміші. Який вміст магній нітриду в цій суміші?

A) 9,00%

Б) 11,0%

В) 27,1%

Г) 90,3%

60. Який метод отримання гідразину (N_2H_4) є найбільш доцільним?

A) Спалювання амоніаку на повітрі.

Б) Реакція амоніаку з натрій гіпохлоритом.

В) Пряма реакцію азоту з воднем.

Г) Відновлення воднем нітратної кислоти.

8 клас. II тур

Завдання 8.1. Вибуховий елемент

Автор: Ганопольський Антон

Сполука **A** містить чотири елементи, один з яких є металом. Вона вперше була синтезована в чистому вигляді Отто Ерме в 1866 році.

Її можна отримати в ході реакції між нітратом металу **X** та калієвою сіллю **B**. В ході цієї реакції **A** випадає в осад. Сполука **B** містить 33% Сульфуру за масою.

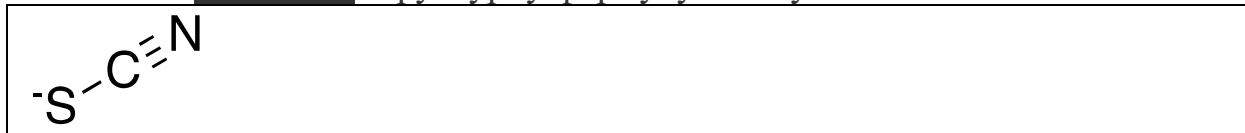


Метал **X** в природі часто зустрічається у вигляді мінералу **C**, бінарної сполуки, що містить 13,75% Сульфуру за масою.

1.1. Розшифруйте сполуки **A**, **B**, **C**, та метал **X**.

A	B	C	X
$\text{Hg}(\text{SCN})_2$	KSCN	HgS	Hg

1.2. Зобразіть структурну формулу аніону солі **B**.



Сполука **A** розкладається з утворенням сполуки **C** та двох бінарних сполук - **D** та **E**, що не містять елементу **X**. Сульфуровмісна сплука **D** за нормальних умов є рідиною практично нерозчинною у воді, а густина її пари за воднем дорівнює 38. Сполука **E** не містить Сульфуру, а вміст одного з елементів за масою складає 39,13%.

1.3. Напишіть рівняння реакції розкладу сполуки **A** та розшифруйте сполуки **D** та **E**. Зобразіть структурну формулу **D** та вкажіть гібридизацію центрального атому.

D	E
CS_2	C_3N_4
Рівняння Реакції:	
$2\text{Hg}(\text{SCN})_2 \rightarrow 2\text{HgS} + \text{CS}_2 + \text{C}_3\text{N}_4$	

Взаємодія сульфату елемента X з барій хлоридом призводить до утворення сполуки F, яка є нерозчинним хлоридом. Відновлення сполуки F амоній оксалатом $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ призводить до утворення іншого хлориду елемента X – сполуки G. Цей хлорид в свою чергу може диспропорціювати з утворенням сполуки F та металу X.

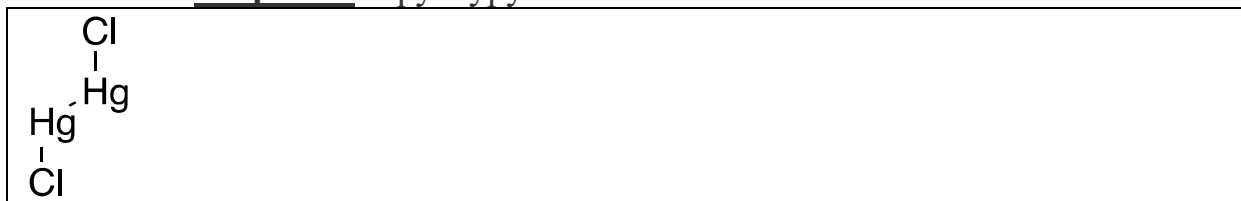
1.4. **Визначте** сполуки F та G.

F	G
HgCl_2	Hg_2Cl_2

1.5. **Напишіть** реакції утворення сполуки G та її диспропорціювання.



1.6. **Зобразіть** структуру G.



Завдання 8.2. (Не Дуже) Інертні Гази

Автор: Ганопольський Антон

Ксенон належить до інертних газів. Довгий час існувала гіпотеза, що він не здатний утворювати сполуки.

У 1962 році Нейл Бартлет помітив, що кисень може вступати в реакцію сполучення з платини гексафторидом PtF_6 з утворенням сполуки йонної будови O_2PtF_6 .

2.1. **Визначте ступені окиснення елементів** в сполуці O_2PtF_6 , якщо відомо, що її катіон складається лише з атомів кисню, а в процесі її утворення переноситься лише один електрон.



O +0,5

Pt +5

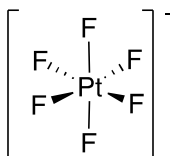
F -1

Пізніше він з'ясував, що ксенон також здатний вступати в таку реакцію. Це поклало початок синтезу сполук ксенону і розвіяння гіпотези про його «інертність».

2.2. **Вкажіть продукт реакції** ксенону з платини гексафторидом, якщо відомо, що катіон цієї солі моноатомний.

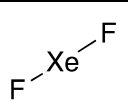
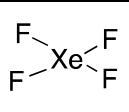



2.3. **Зобразіть структуру** аніону в O_2PtF_6 та **вкажіть** гібридизацію центрального атому в аніоні.



Наразі синтезовано три фториди ксенону з валентностями ксенону 2, 4 та 6.

2.4. **Визначте** гібридизацію атому ксенону у цих сполуках та зобразіть їх структури.

	Xe(II)	Xe(IV)	Xe(VI)
Гібридизація	sp^3d	sp^3d^2	sp^3d^3
Структура			

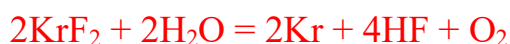
Для Криптоні відома лише одна сполука з Флуором, в якій атом Криптоні є sp^3d -гібридизованим. Ця сполука окиснює воду з утворенням двох простих газоподібних речовин та бінарної сполуки, яка має кислотні властивості.

2.5. **Наведіть** молекулярну структуру цієї сполуки



2.6. **Напишіть** рівняння реакції цієї сполуки Криптоні з водою.

Для Криптоні відомо 5 стабільних ізотопів: ^{80}Kr (2,29% за кількістю атомів), ^{82}Kr (11,6%), ^{83}Kr (11,5%), ^{84}Kr (57,0%), ^{86}Kr (17,3%).



2.7. Виходячи з цих даних, **розрахуйте** відносну атомну масу Криптону. Відповідь наведіть з точністю до третього знака після коми.

Атомна Маса (Kr) = **83.647**

2.8. **Відмітьте НА ЛИСТАХ ВІДПОВІДЕЙ** вірні твердження

- Криптон не настільки стабільний як простий елемент
- Електронний радіус ксенону більший за криптон
- Електронний радіус ксенону менший за криптон
- Криптон є більш електронегативним
- Криптон є менш електронегативним

Завдання 8.3. «Сульфур тетрафторид»

Автор: Ганопольський Антон

SF₄ – важливий реагент в хімічному синтезі. Це дуже токсична сполука, яка бурхливо реагує з водою. При цьому ступені окиснення елементів не змінюються.

Уявімо, що в реакторі об'ємом 3 літри знаходиться SF₄ за температури 400°C. Тиск в реакторі становить 12 атм.

3.1. **Визначте** кількість речовини SF₄ в реакторі?



$n(\text{SF}_4) = 0.652$ моль

В реактор, не відкриваючи його, вводять 4,69 г води.

3.2. **Запишіть** рівняння реакції SF₄ з водою, що відбувається в даному реакторі.

$\text{SF}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_2 + 4 \text{HF}$

3.3. **Розрахуйте** тиск, який встановиться в реакторі після додавання води (якщо ви не змогли визначити кількість SF₄ в п.1, то використовуйте значення 0,55 моль).

В реакції на початку було 0,652 моль SF₄ та 0,26 моль H₂O

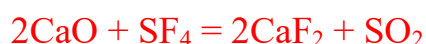
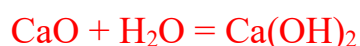
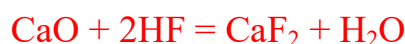


0,652	0,261			Було
0,52	0	0,1305	0,522	Стало

Тиск після проходження реакції: 21,58 атм

Після гідролізу SF₄ в реактор було додано 100 г кальцій оксиду (не випускаючи суміш газів). В результаті тиск в реакторі різко змінився.

3.4. Запишіть реакції, які будуть проходити в реакторі після додавання CaO?

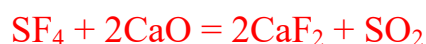


3.5. Розрахуйте тиск, який встановиться в реакторі після додавання CaO та проходження всіх реакцій за температури 300°C (зміною об'єму реакційної суміші внаслідок додавання/утворення твердих речовин знехтуйте).

HF буде реагувати з CaO з утворенням





Сумарне рівняння реакцій дасть наступну стехіометрію



Отже тиск в реакції змінюватися не буде, оскільки з 1 атому SF₄ утворюється 1 атом SO₂

Тиск після проходження реакції: 12 атм.

3.6. Зобразіть структуру та вкажіть гібридизацію центрального атому для SF₄ та сульфуровмісного продукту гідролізу.

Сполука	SF ₄	SO ₂
Гібридизація	Sp ³ d	Sp ²
Структура		

SF₄ в лабораторних умовах можна отримати окисненням сірки бінарною сполукою А, що містить 49,14% Флуору. Окрім SF₄ в процесі реакції утворюється сполука, що містить 39,2% Флуору.

3.7. Визначте сполуку А.

А – CoF₃

3.8. Запишіть рівняння отримання SF₄ в цій реакції.



Завдання 8.4. «Отруйні китайські пігменти»

Автор: Ганопольський Антон

Речовині А₂О₃ здавна надавалися магичні властивості. Вона може бути отримана з мінералу **аурипігменту** (бінарної сполуки). В результаті прожарювання **аурипігменту** на повітрі утворюється А₂О₃, яка утворюється в газовій фазі, якщо температура прожарювання вища за 465°C. Реакція супроводжується виділенням сульфур оксиду.

При прожарюванні 200 г **аурипігменту** за температури 600°C утворюється 289 л газової суміші за тиску 1 атм.

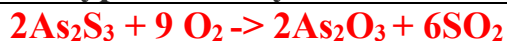
4.1. Визначте елемент А та аурипігмент.



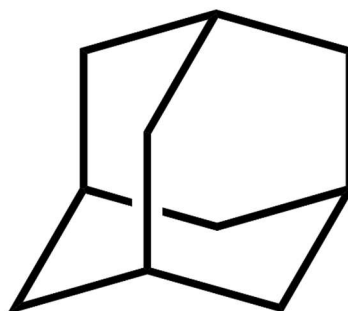
As

Аурипігмент - As₂S₃

4.2. Запишіть рівняння реакції, що призводить до утворення As₂O₃ з аурипігменту.

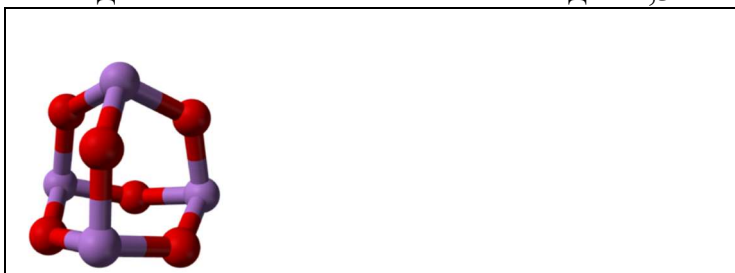


Структура молекули As₂O₃ є доволі цікавою. Вона дуже нагадує структуру вуглеводню адамантану, що наведена нижче. В вершинах цієї фігури розташовані атоми Карбону, а відрізки позначають сігма-зв'язки між ними. Якщо в цій структурі певні атоми Карбону замінити на атоми А, а інші на атоми Оксигену, то можна отримати структуру молекули As₂O₃.



4.3. Зобразіть структуру As₂O₃

Серед сполук з однаковим якісним складом з аурипігментом, зустрічається одна з дуже яскраво-червоним кольором – **реальгар**. Його безуспішно намагалися використовувати в «китайській» медицині. Молярна маса **реальгару** дорівнює 428 г/моль, а співвідношення мас елементів складає 2,34:1.



4.4 Визначте формулу реальгару.



В цій сполучі лише деякі атоми А утворюють зв'язки між собою.

4.5. **Визначте** кількість простих зв'язків А-А в цій молекулі, якщо відомо, що ця молекула не містить π -зв'язків, а валентність кожного з елементів однакова для всіх його атомів.

2

4.6. Елемент А має лише один стабільний ізотоп. **Визначте** кількість нейтронів, протонів та електронів в цьому ізотопі.

Електронів 33

Нейтронів 42

Протонів 33

Завдання 8.5. «Брудний розчин»

Автор: Ганопольський Антон

У дослідника випадково опинився розчин ортофосфатної кислоти. Він відібрав 25 мл цього розчину, розбавив його в 1 літрі дистильованої води та відібрав 20 мл утвореного розчину. Цю аліквоту він відтитрував до досягнення другої точки еквівалентності (кількісного утворення HPO_4^{2-}), використовуючи 0,1М розчин NaOH. На титрування дослідник використав 13,1 мл розчину NaOH.



5.1. **Напишіть** рівняння реакцій, що відбуваються при титруванні ортофосфатної кислоти до першої, другої та третьої точки еквівалентності

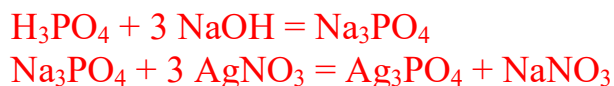


5.2. **Визначте** масову частку ортофосфатної кислоти в розчині.

$$w(\text{H}_3\text{PO}_4) = \underline{13.1\%}$$

Дослідник вирішив осадити фосфат за допомогою аргентум(I) нітрату. Спочатку він обережно нейтралізував ортофосфатну кислоту (15 мл вихідного розчину) до отримання натрій ортофосфату. Потім до цього розчину від додав розчин аргентум(I) нітрату.

5.3. Напишіть рівняння відповідних реакцій.



5.4. Яка маса аргентум(I) нітрату необхідна для повного осадження фосфату з розчину?

$$m(\text{AgNO}_3) = \underline{7,9 \text{ г}}$$

Преципітат ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) є надзвичайно важливим добривом. Для його отримання ортофосфатну кислоту нейтралізують кальцій гідроксидом.

5.5. Визначте об'єм розчину ортофосфатної кислоти з концентрацією, визначеною в п.2, та масу сухого кальцій гідроксиду, що необхідні для отримання 1 кг преципітату (якщо ви не змогли визначити концентрацію у п.2, вважайте, що вона дорівнює 25%).

$$m(\text{Ca(OH)}_2) = \underline{544 \text{ г}}$$

$$V(\text{H}_3\text{PO}_4) = \underline{7,03 \text{ л}}$$

Амофоси (суміші амоній гідрогенфосфату та амоній дигідрогенфосфату) також дуже цінні добрива для агропромисловості.

5.6. Визначте який об'єм 10%-го розчину амоній гідроксиду необхідно додати до 120 мл 0,45М розчину H_3PO_4 для отримання суміші після упарювання з вмістом Нітрогену 19,17%. Приміть густину 10% розчину амоніаку рівну густині воді.

Нехай мольна частка $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ дорівнює x , а $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ – $1-x$.
Тоді вміст азоту дорівнює

$$14 \cdot (2x + (1-x)) / (x \cdot 132 + (1-x) \cdot 115) = 0,1917$$

Спростимо це рівняння до

$$14x + 14 = 25,3x + 22,045 - 22,045x = 3,25x + 22,045$$

$$10,75x = 8,04$$

$$x = 0,75$$

Отримаємо реакцію



Перераховуючи кількість речовини амоніаку та його масову частку отримуємо.

$$\underline{V(10\% \text{NH}_3) = 16,065 \text{ г}}$$

Завдання 8.6. «Покараний Микола»

Автор: Сімонов Андрій

Одного разу молодий хімік Микола після важкого трудового дня покинув ввечері лабораторію, забувши вимкнути плитку. На наступний день керівник Миколи вирішив покарати його за порушення правил техніки безпеки, змусивши робити перекристалізацію - метод очистки основної речовини від домішок, який базується на різниці розчинності речовини при різних температурах, цілого відра кристалогідрату $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

З довідника Микола визначив, що при температурі 100°C розчиняється 115 г безводної солі на 100 мл води, а при температурі 25°C – 34,9 г на 100 мл води.



6.1. Розрахуйте, скільки Миколі потрібно взяти води, щоб при розчиненні 987,0 г кристалогідрату отримати насичений розчин при 100°C .

З 987 г кристалогідрату утвориться 632 г сульфату міді та 355.32 г води. Для розчинення 632 г сульфату необхідно взяти 549.57 г води. А отже необхідно додати **194.25 г води**

6.2. Визначте молярну концентрацію, моляльну концентрацію та масову частку CuSO_4 в утвореному в п.1 розчині. Приміть густину розчину рівній 1,32 г/мл. (Якщо ви не змогли визначити масу води в попередньому пункті, прийміть її рівною 1500 г).

Молярна концентрація: 4,4 М

Моляльна концентрація: 7.18 м

Масова частка: 53,5%

6.3. **Розрахуйте** масу кристалогідрату, який випаде в осад при охолодженні цього розчину до 25°C.

Нехай при кристалізації випаде x г кристалогідрату. В ньому $0.64x$ – сульфату міді та $0.36x$ води. А одже

$$(632 - 0,64x)/(549,57 - 0,36x) = 0,349$$

$$632 - 0,64x = 191,79 - 0,126x$$

$$440,21 = 0,514x$$

$$X = 856,43 \text{ г}$$

6.4. Враховуючи, скільки речовини було використано і скільки отримано, **розрахуйте** теоретичний вихід перекристалізації.

$$\text{Вихід (\%)} = 87,6\%$$

6.5. Якщо припустити, що речовину можна вважати чистою після 10 повторень перекристалізації, **розрахуйте**, яку масу кристалогідрату отримає Микола після цього процесу.

$$m(\text{CuSO}_4) = 239 \text{ г}$$

8 клас (експеримент)

Відповіді та пояснення

Робота складається з двох частин.

Кількісний аналіз. Суміш кристалогідрату хлориду барію невідомого складу та діоксиду силіцію. Масу суміші визначають за різницею мас тигля. Втрата маси після прожарювання відповідає кристалізаційній воді. Маса нерозчинного залишку відповідає діоксиду силіцію та дозволяє розрахувати його масову частку. Різниця мас суміші, кристалізаційної води та діоксиду силіцію дає масу безводного хлориду барію, що дозволяє отримати масу кристалогідрату та його формулу.

Кожна задача є сумішшю двох відомих наважок $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ та SiO_2 . Втрата маси та маса нерозчинного залишку розраховуються з мас наважок та називаються MasterValue. Кількісна оцінка визначається за методом «трапеції», з урахуванням відхилення експериментально отриманого значення від MasterValue. Окремо оцінюються зроблені учасником розрахунки.

Приклад. Задача 1.

2,040 г барій хлориду гідрату + 1,255 г силіцій діоксиду. Маса суміші 3,295 г, втрата маси при прожарюванні 0,300 г, маса залишку після фільтрування 1,243 г. Масова частка силіцій діоксиду = $1,243/3,295 = 37,72\%$ (38,09 MasterValue), формула гідрату (x): $(0,3/18)/((3,295-0,3-1,255)/244,26) = 0,0167/ 0,007 = 2,34$.

Задача	Маса					
	$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	SiO_2	H_2O	суміші	w(SiO_2)	w(BaCl_2)
1	2,040	1,255	0,301	3,295	38,08801	61,91199
2	2,678	1,687	0,395	4,365	38,64834	61,35166
3	2,213	1,302	0,326	3,515	37,04125	62,95875
4	1,916	1,825	0,283	3,741	48,78375	51,21625
5	2,107	2,545	0,311	4,652	54,70765	45,29235
6	1,664	2,786	0,245	4,450	62,60674	37,39326
7	2,111	2,595	0,311	4,706	55,14237	44,85763
8	2,091	2,562	0,308	4,653	55,06125	44,93875
9	2,746	1,797	0,405	4,543	39,55536	60,44464
10	2,889	1,949	0,426	4,838	40,28524	59,71476
11	2,764	2,039	0,408	4,803	42,45263	57,54737
12	2,015	2,905	0,297	4,920	59,04472	40,95528
13	2,056	3,107	0,303	5,163	60,17819	39,82181
14	2,730	2,515	0,403	5,245	47,95043	52,04957
15	2,064	3,206	0,304	5,270	60,83491	39,16509
16	2,022	2,576	0,298	4,598	56,02436	43,97564

17	1,871	3,070	0,276	4,941	62,13317	37,86683
18	2,221	2,812	0,328	5,033	55,87125	44,12875
19	2,067	2,576	0,305	4,643	55,48137	44,51863
20	3,171	1,474	0,468	4,645	31,73305	68,26695
21	2,213	2,391	0,326	4,604	51,9331	48,0669
22	2,236	2,865	0,330	5,101	56,16546	43,83454
23	2,822	1,922	0,416	4,744	40,51433	59,48567
24	2,510	1,640	0,370	4,150	39,51807	60,48193
25	1,779	2,218	0,262	3,997	55,49162	44,50838
26	1,745	2,284	0,257	4,029	56,689	43,311
27	2,186	2,084	0,32	4,270	48,80562	51,19438
28	1,832	2,994	0,270	4,826	62,03896	37,96104
29	2,518	1,477	0,371	3,995	36,97121	63,02879
30	2,215	1,616	0,327	3,831	42,1822	57,8178
31	1,839	2,439	0,271	4,278	57,01262	42,98738
32	1,977	2,250	0,292	4,227	53,22924	46,77076
33	1,878	2,667	0,277	4,545	58,67987	41,32013
34	2,336	2,767	0,345	5,103	54,22301	45,77699
35	2,045	1,824	0,302	3,869	47,14396	52,85604
36	1,824	1,421	0,269	3,245	43,79045	56,20955
37	1,549	1,547	0,229	3,096	49,9677	50,0323
38	1,326	1,780	0,196	3,106	57,30844	42,69156

Завдання 2. Якісний аналіз без використання додаткових реагентів.

Для розв'язку завдання необхідно спочатку заповнити таблицю, які мають спостерігатись при змішуванні досліджуваних розчинів.

–	Немає видимих змін
↓	Випадає осад (вказіть колір)
↓↑	Випадає та розчиняється осад

	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Na_3PO_4	NaOH	HNO_3	CuSO_4
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$		↓	↓↑	–	–
Na_3PO_4	↓		–	–	↓
NaOH	↓↑	–		–	↓
HNO_3	–	–	–		–
CuSO_4	–	↓	↓	–	

Наступний крок – виконати попарне змішування розчинів, заповнення таблиці спостережень та співвіднесення формул речовин з шифрами.

Розчин купрум сульфату визначається одразу за кольором, без необхідності додаткових експериментів. При змішування натрій гідроксиду та алюміній

сульфату в залежності від порядку та кількості додавання реагентів осад може розчинятись одразу після утворення, що може привести до хибної інтерпретації.

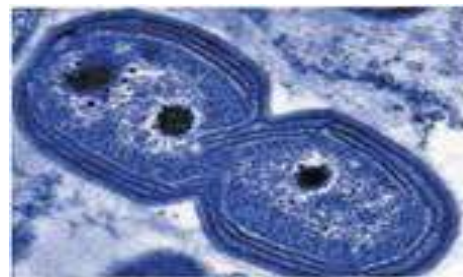
Номер робочого місця	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Na_3PO_4	NaOH	HNO_3	CuSO_4
1	3	2	1	4	5
2	4	3	2	1	5
3	2	3	4	5	1
4	5	4	3	1	2
5	4	5	1	2	3
6	5	1	2	3	4
7	3	2	1	4	5
8	4	3	2	1	5
9	2	3	4	5	1
10	5	4	3	1	2
11	4	5	1	2	3
12	5	1	2	3	4
13	3	2	1	4	5
14	4	3	2	1	5
15	2	3	4	5	1
16	5	4	3	1	2
17	4	5	1	2	3
18	5	1	2	3	4
19	3	2	1	4	5
20	4	3	2	1	5
21	2	3	4	5	1
22	5	4	3	1	2
23	4	5	1	2	3
24	5	1	2	3	4
25	3	2	1	4	5
26	4	3	2	1	5
27	2	3	4	5	1
28	5	4	3	1	2
29	4	5	1	2	3
30	5	1	2	3	4

9 клас. I тур

Завдання 9.1. Маленький гвинтик

Автор: Петро Галатин

Природа нашої планети дуже різноманітна і певною мірою екзотична. Прикладом такої варіабельності флори і фауни є бактерії, які здатні синтезувати ряд неорганічних сполук і, таким чином, регулювати мінеральний обмін на Землі. Представниками таких мікроорганізмів є *Thiothrix*, *Azospirillum*, *Methylococcaceae*. Вони синтезують кислоти **A**, **B1**, **B2** та газ **C** відповідно. Реакція двохосновної кислоти **A** масою 9,8 г з цинком призводить до утворення водню об'ємом 2,24 л (н.у.). Окиснення суміші кислот **B1** та **B2** веде до утворення розчину, що містить лише **B2**. Субстратом (вихідними речовинами) для синтезу кислот **A**, **B1**, **B2** бактеріями є гази **D** та **E**. Сполука **D** має різкий запах та відносну густину за воднем 8,5, а сполука **E** має характерний запах тухлих яєць. Бінарний газ **C** у своєму складі містить атом Карбону, масова частка якого 75%.



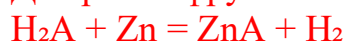
1.1. Розшифруйте усі невідомі речовини.

Органолептичні показники газів, а саме їх запах, дає підстави припустити, що газ **E** - H_2S , а **D** - NH_3 , що підтверджується наступними розрахунками:

$$M1 = D \cdot M(\text{H}_2) = 8,5 \cdot 2 = 17 \text{ г/моль}$$

Газ **C** розшифруємо наступним чином: $M_r = A_r \cdot n / W = 12 \cdot n / 0,75 = 16n$, при $n = 1$ молекулярна маса буде рівна 16. Враховуючи, що газ бінарний робимо висновок, що газ **C** - CH_4 .

Для розшифрування сполуки **A** скористаємось наступними розрахунками:



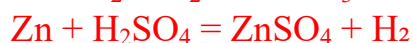
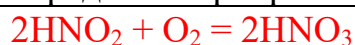
$$9,8 / M(\text{H}_2\text{A}) = 2,24 / 22,4$$

$M = 98 \text{ г/моль}$, що підходить для H_2SO_4 .

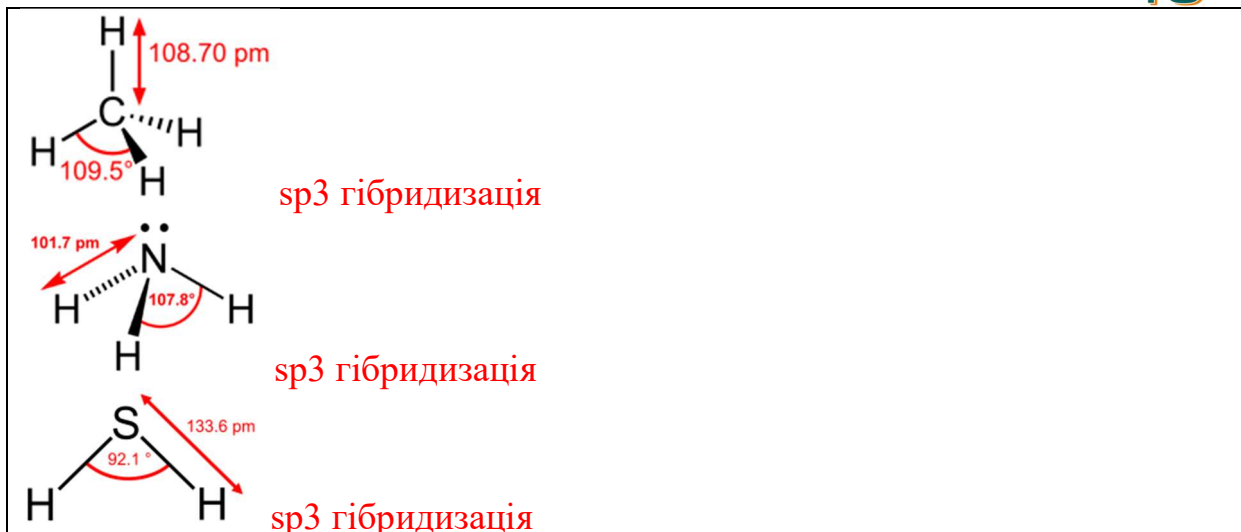
Методом виключення стає зрозуміло, що газ, який використовується для утворення кислот **B1** та **B2**, це NH_3 . З умови стає зрозуміло, що ці кислоти це HNO_2 та HNO_3 відповідно.

A - H_2SO_4	B1 - HNO_2	B2 - HNO_3	C - CH_4	D - NH_3	E - H_2S
------------------------------------	----------------------------	----------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------------

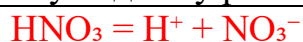
1.2. Напишіть рівняння згаданих реакцій, окрім тих, що відбуваються всередині мікроорганізмів.



1.3. Наведіть геометричну будову молекул газів **C**, **D**, **E** та вкажіть гібридизацію центрального атома.



1.4. **Обчисліть** рН водних розчинів кислот **B1** та **B2** з молярними концентраціями $0,01 \text{ моль/л}$, якщо $K_a(\text{B1}) = 4,0 \times 10^{-4}$. Вважайте, що кислота **B2** у водному розчині дисоціює повністю.



Оскільки нітратна кислота сильний електроліт, то можна провести обрахунок вважаючи, що

$$[\text{H}^+] = C(\text{HNO}_3)$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = 2$$



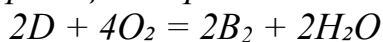
$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{NO}_2^-]}{C(\text{HNO}_2)} = \frac{x^2}{(0,01 - x)}$$

$$x = [\text{H}^+] = 1,8 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = 2,74$$

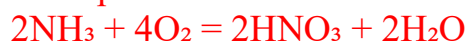
Дослідник помістив у чашку Петрі колонії вищевказаних бактерій. Після дозрівання та розмноження мікроорганізмів їх перенесли у ємність, де містилась газова суміш, що складається з газів **D** і **E** об'ємом 20 літрів (н.у.) . Внаслідок ферментативних процесів усередині бактерій з повним використанням вихідних газів утворилася суміш кислот **A** та **B2** масою $64,06 \text{ г}$.

Для розрахунків скористайтеся такими загальними рівняннями хімічних реакцій всередині бактерій:



1.5. **Обчисліть** об'ємні частки газів у початковій суміші.

Підставимо вище розшифровані сполуки у хімічні реакції всередині бактерій:



Нехай x - об'єм NH_3 , y - об'єм H_2S .

Таким чином після підставлення отриманих змінних у рівняння і подальшого спрощення отримуємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} x + y = 20 \\ \frac{63x + 98y}{22,4} = 64,06 \end{cases}$$

Після проведеного розрахунку отримуємо, що $x = 15$ літрів

Далі за формулою обрахунку об'ємних часток отримуємо, що:

$$\varphi(\text{NH}_3) = 75\%$$

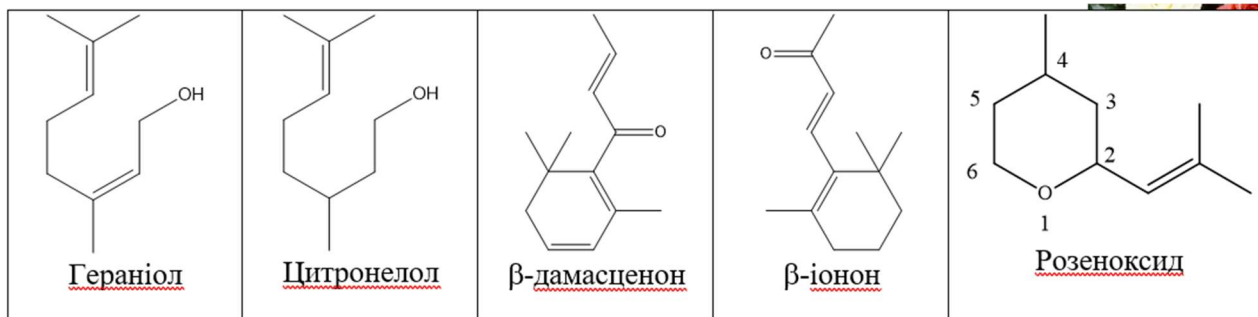
$$\varphi(\text{H}_2\text{S}) = 25\%$$

Завдання 9.2. Хімія в квітах

Автор: Костянтин Гавриленко

Хімічні сполуки, які містяться в квітах та визначають їх колір та аромат, мають дуже різноманітну будову та відносяться до різних класів органічних речовин.

Наприклад, ніжний аромат троянд визначається в основному наступними сполуками:



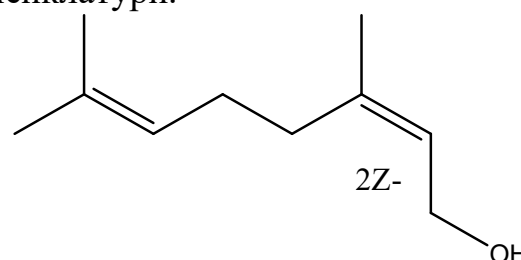
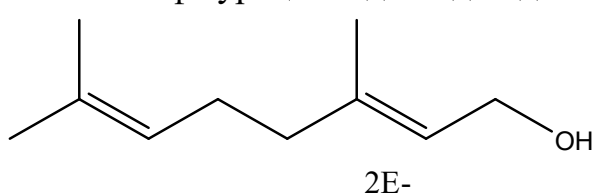
2.1. **Вкажіть**, які з цих сполук є циклічними?

Циклічними є β -дамасценон, β -іонон та Розеноксид

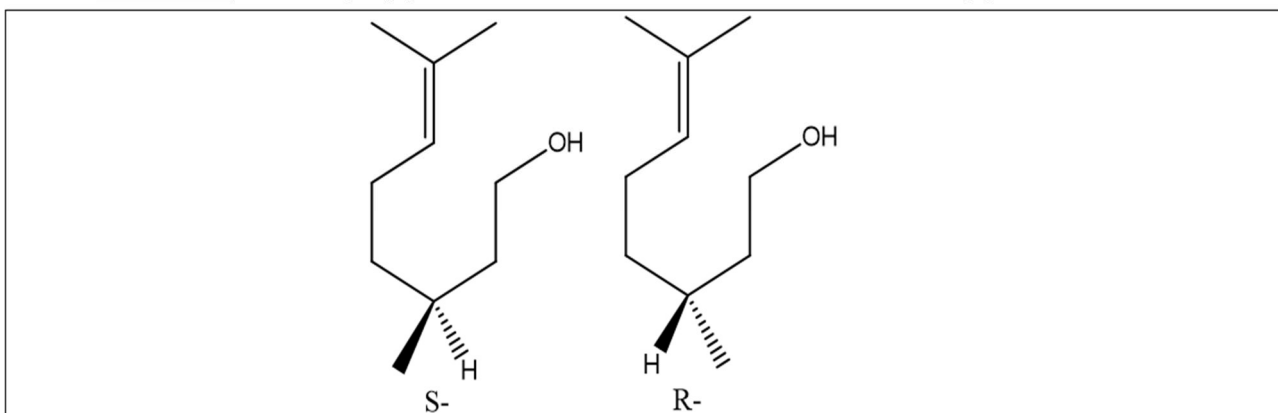
2.2. Скільки стереоізомерів має кожна зі сполук на малюнку вище?

Гераніол	Цитронеол	β -дамасценон	β -іонон	Розеноксид
2	2	2	2	4

2.3. **Зобразіть** структурні формули всіх стереоізомерів Гераніола та **вкажіть** їх конфігурацію відповідно до ZE-номенклатури.



- 2.4. **Зобразіть** структурні формули всіх стереоізомерів *Цитронелол* та **вказіть** їх конфігурацію відповідно до RS-номенклатури.



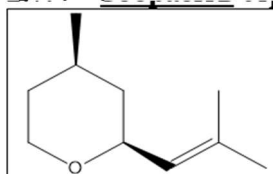
- 2.5. При повному гідруванні *Гераніол* та *Цитронелол* утворюють одну й ту саму сполуку – *диметилоктанол*. **Вкажіть** номенклатурну назву цієї сполуки без вказування стереохімії.

3,7-диметилоктан-1-ол

- 2.6. Скільки діастереомерів та енантіомерів має *Розеноксид*?

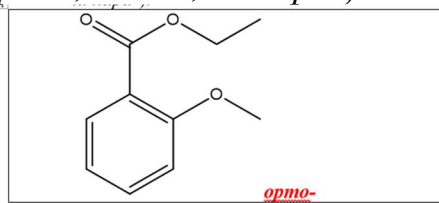
2 діастереомери та 4 енантіомери

- 2.7. **Зобразіть** структурну формулу 2S,4R-Розеноксиду.

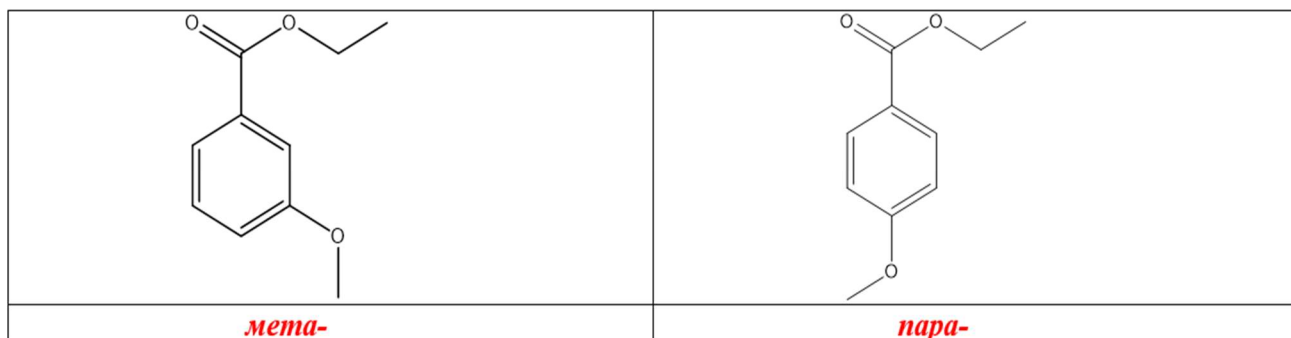


Одним з компонентів освіжаючого аромату гіацинтів є ароматична сполука - етиловий естер 2-метоксибензойної кислоти.

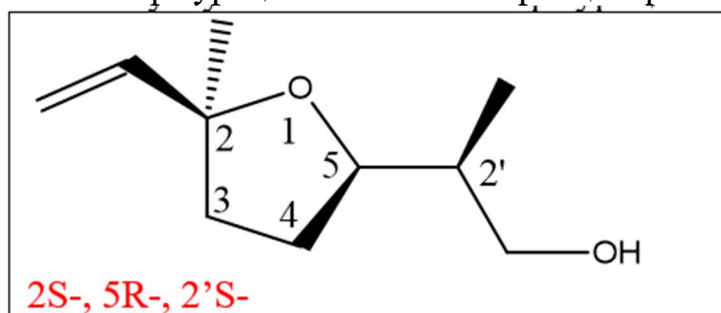
- 2.8. **Зобразіть** структурну формулу цієї сполуки та вкажіть тип заміщення в ароматичному ядрі в ній (*орто*-, *мета*-, чи *пара*-).



- 2.9. **Зобразіть** два інших ізомери заміщення в ароматичному ядрі етилового естеру 2-метоксибензойної кислоти та вкажіть тип заміщення в ароматичному ядрі в них.



2.10. На малюнку зображено один із стереоізомерів «бузкового спирту», який є одним з компонентів надихаючого аромату бузку. **Вкажіть** RS-конфігурацію всіх його стереоцентрів.



Завдання 9.3. Джимі Гендрікс

Автор: Андрій Сімонов

Джимі Гендрікс – один з найвпливовіших гітаристів в історії. Наприкінці 60-х він популяризував культову сьогодні, але не дуже відому в той час гітару Fender Stratocaster. Характерною особливістю цієї гітари є багатий спектр натуральних обертонів і чистий «скляний» звук, який забезпечується використанням звукознімачів, зроблених з деякого сплаву. Цей сплав складається з металів **A**, **B**, **C** і **D**. Однак, група хіміків-гітаристів послухавши сьогодніні інструменти помітила, що звучання віртуоза помітно відрізняється. Тому, отримавши доступ до суміші порошоків металів, з якої виготовлялись оригінальні звукознімачі, з метою визначення складу вони провели наступну серію експериментів:

1. Суміш обробили концентрованою сульфатною кислотою. В осаді лишились метали **A** і **D** масою 46,9 г. Метали **B** та **C** утворили розчинні солі.
2. До розчину солей металів **B** і **C** обережно додали NaOH до pH = 8, надлишок гідроген пероксиду та прокип'ятили. Утворився коричневий осад, який відфільтрували та розчинили у концентрований хлоридній кислоті. При цьому виділився хлор

об'ємом 1468 мл (н.у.) та утворилася сіль масою 17,03 г.

Ступінь окиснення С в ході перетворень змінився на одиницю.

3. До фільтрату з попереднього пункту, що містить сіль металу **B**, додали надлишок натрій гідроксиду. Випав світло-зелений осад масою 23,27 г. При його прожарюванні отримали 18,76 г оксиду чорного кольору.
4. Група хіміків продовжила своє дослідження розчиненням осаду металів **A** і **D** у гарячій хлоридній кислоті.
5. Після розчинення металів, через розчин пропустили молекулярний хлор, для того щоб змінити ступінь окиснення металу **D** на одиницю.
6. Далі в розчин додали надлишок лугу і спостерігали утворення бурого осаду сполуки металу **D**, а метал **A** утворив комплексну сполуку з координаційним числом 6.
7. Осад відділили і прожарили, отримавши 58 г бінарної сполуки, що містить метал **D**. Масова частка Оксигену в бінарній сполуці складає 30%. Зміни ступенів окиснення в процесі не спостерігалося.
8. Розчин відфільтрували і після додавання певної кількості хлоридної кислоти утворився осад гідроксиду металу **A** з масовою часткою Оксигену $w(O) = 61,54\%$

3.1. Розшифруйте зашифровані метали.

A	B	C	D
Al	Ni	Co	Fe
<p>В сполуці металу D $w(O) = 30\%$ Якщо Оксигену один атом, то молярна маса складає $16/0,3 = 53,3$ г/моль, тоді металу в ній $53,3-16=37,3$ – не підходить $2*16/0,3 = 106,67$ г/моль Металу – $106,67-32 = 74,67$ г моль – не підходить $3*16/0,3 = 160$ г/моль Металу – $160-48=112$ г/моль Якщо поділити на два вийде 56 – це залізо, бінарна сполука металу D – Fe_2O_3 Метал D – Fe</p> <p>Метал A знаходиться, аналогічно металу D: $3*17/65,38\% = 78$ г/моль Металу – $78-51 = 27$ г/моль – Al Метал A – Al.</p> <p>$C_2O_x + 2xHCl \rightarrow Cl_2 + 2CCl_{x-1} + xH_2O$ $x=3$ $C_2O_3 + 6HCl \rightarrow Cl_2 + 2CCl_2 + 3H_2O$ $M(CCl_2) = (17,03*22,4)/(1,468*2) = 129,92$ г/моль $M(C) = M(CCl_2) - M(Cl_2) = 129,92 - 71 = 58,92$ г/моль $\rightarrow Co$ Метал C – Co</p>			

$$x=4$$



$$M(\text{C}) = M(\text{CCl}_2) - M(\text{Cl}_2) = 129.92 - 106.5 = 23.42 \text{ г/моль} \rightarrow \text{не підходить}$$

$$x=2$$



$$M(\text{C}) = M(\text{CCl}_2) - M(\text{Cl}_2) = 129.92 - 35.5 = 94.42 \text{ г/моль} \rightarrow \text{не підходить}$$



$$23.28 \text{ г} \qquad 18.76 \text{ г}$$



$$2(M(\text{B}) + 17x) \qquad 2M(\text{B}) + 16x$$

$$18.76 * 2(M(\text{B}) + 17x) = 23.28 * (2M(\text{B}) + 16x)$$

$$\text{Звідси } M(\text{B}) = 29.35x$$

$$x = 1 - M(\text{B}) = 29.35 \text{ г/моль} - \text{не підходить}$$

$$x = 2 - M(\text{B}) = 58.7 \text{ г/моль} - \text{Ni}$$

Метал В - Ni

3.2. Запишіть рівняння реакцій, що відбуваються в ході кожного експерименту (номер комірки відповідає номеру експерименту)

1	$\text{Ni} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NiSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{Co} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CoSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (варіант з виділенням H_2 не приймати, бо кислота концентрована)
2	$2\text{CoSO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + 4\text{NaOH} \rightarrow 2\text{CoOOH} + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ $2\text{CoOOH} + 6\text{HCl} = 2\text{CoCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$
3	$\text{NiSO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ $\text{Ni}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{NiO} + \text{H}_2\text{O}$
4	$2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$ $\text{Fe} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$
5	$2\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{FeCl}_3$
6	$\text{FeCl}_3 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{NaCl}$ $\text{AlCl}_3 + 6\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + 3\text{NaCl}$
7	$2\text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
8	$\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + 3\text{HCl} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{O}$

3.3. Розрахуйте масові частки металів у вихідному сплаві. Отримані маси металів округлюйте до сотих.

$$n(\text{Co}) = n(\text{CoSO}_4) = n(\text{CoCl}_2) = 17,03/129,93 = 0,131 \text{ моль}$$

Звідси:

$$m(\text{Co}) = 0,131 \cdot 59 = 7,729 \sim 7,73 \text{ г}$$

$$n(\text{Ni}) = n(\text{NiSO}_4) = n(\text{Ni}(\text{OH})_2) = n(\text{NiO}) = m(\text{Ni}(\text{OH})_2) / M(\text{Ni}(\text{OH})_2) = 23,27/93 = 0,25 \text{ моль}$$

або

$$m(\text{NiO}) / M(\text{NiO}) = 18,76/75 = 0,25 \text{ моль}$$

$$m(\text{Ni}) = 0,25 \cdot 59 = 14,75 \text{ г}$$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = m(\text{Fe}_2\text{O}_3) / M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 58 / 160 = 0,3625 \text{ моль}$$

$$n(\text{Fe}) = 2 \cdot n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,725 \text{ моль}$$

$$m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}) = 0,725 \cdot 56 = 40,6 \text{ г}$$

$$m(\text{Al}) = m(\text{Al} + \text{Fe}) - m(\text{Fe}) = 46,9 - 40,6 = 6,3 \text{ г}$$

Загальна маса сплаву:

$$m_{\text{заг}} = 7,73 + 14,75 + 40,6 + 6,3 = 69,38 \text{ г}$$

$$w(\text{Al}) = 6,3/69,38 \cdot 100 \% = \mathbf{9,08\%}$$

$$w(\text{Ni}) = 14,75/69,38 \cdot 100\% = \mathbf{21,26\%}$$

$$w(\text{Co}) = 7,73/69,38 \cdot 100\% = \mathbf{11,14\%}$$

$$w(\text{Fe}) = 40,6/69,38 \cdot 100\% = \mathbf{58,52\%}$$

3.4 Атом якого елемента містить 31 нейтрон?

- Ферум
 Кобальт
 Нікель

3.5. Яка зі скорочених електронних формул відповідає феруму у складі

- FeCl_3 ?
 $3d^44s^1$
 $3d^34s^2$
 $3d^54s^0$
 $3d^54s^2$

Завдання 9.4. Вапняк

Автор: Мишастий Андрій

Вапняк є осадовою гірською породою, основним компонентом якої є кальцит CaCO_3 . Окрім кальциту в складі можуть бути присутні глини, кремнезем, оксиди феруму, доломітні включення (містить мінерал доломіт $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), гіпс та ін. Під час випалювання вапняку при температурах 1000-1200 °С отримують негашене вапно.

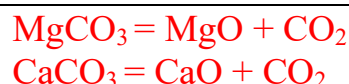


Дослідний зразок вапняку масою 200 г, що містив доломітні включення, піддали термічній обробці і отримали негашене вапно з високим вмістом магній оксиду.

- 4.1. Встановіть** масову частку кальциту в зразку, якщо масова частка Магнію до випалювання складала 9%, а масова частка некарбонатних домішок 9,5 % (їх маса не змінюється при нагріванні).

Маса некарбонатних домішок: $200 \cdot 0,095 = 19$ г. Магній входить до складу доломіту. Маса доломіту дорівнює: $18/24 = x/184$, $x = 138$ г. Маса кальциту: $200 - 138 - 19 = 43$ г. Масова частка кальциту: $43 \cdot 100/200 = 21,5\%$

- 4.2. Напишіть** рівняння реакцій термічного розкладу карбонатів кальцію та магнію.



- 4.3. Обчисліть** масову частку магній оксиду в зразку після термічної обробки.

Маса Магнію до і після випалювання є незмінною – 18 г. Втрата маси по кальциту: $43 \cdot 44/100 = 18,92$ г (вуглекислий газ). Втрата маси по доломіту: $138 \cdot 2 \cdot 44/184 = 66$ г (вуглекислий газ). Маса зразка після випалювання $200 - 18,92 - 66 = 115,1$ г. Масова частка MgO: $18 \cdot 40/24 = 30$, $30/115,1 = 26\%$.

- 4.4. Обчисліть** об'єм вуглекислого газу (н.у.), який виділився під час термічної обробки 200 г дослідного зразку вапняку?

Маса вуглекислого газу дорівнює: $18,92 + 66 = 84,92$ г,
 $V = 84,92 \cdot 22,4/44 = 43,23$ л

- 4.5. Обчисліть** об'єм 2М хлоридної кислоти, необхідний для реакції з вапняком масою 200 г. Вважайте, що некарбонатні домішки не реагують з HCl.

$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ $n(\text{HCl}) = 43 \cdot 2/100 = 0,86$ моль
 $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 + 4\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$ $n(\text{HCl}) = 138 \cdot 4/184 = 3$ моль
 $V(\text{HCl}) = (0,86 + 3)/2 = 1,93$ л

Завдання 9.5. Весела підгрупа Карбону

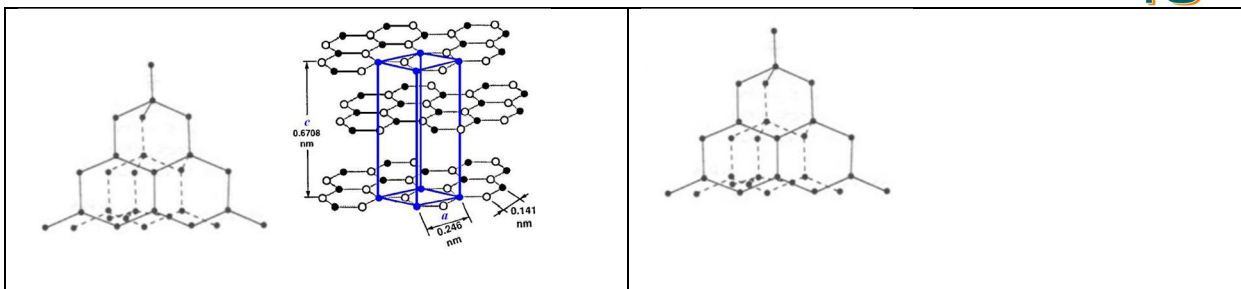
Автор: Антон Ганопольський

Підгрупа Карбону періодичної системи є досить різноманітною з точки зору властивостей елементів, що входять до неї.

- 5.1. Зобразіть** будову простих речовин Силіцію та Карбону (алмазу та графіту).

C - алмаз

Si



5.2. Порівняйте радіуси атомів Силіцію та Карбону. Вкажіть, радіус якого з них більший та стисло поясніть причину.

Радіус Силіцію більший за рахунок більшої кількості енергетичних рівнів.

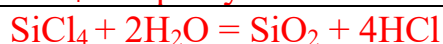
5.3. Порівняйте електронегативність атомів Силіцію та Карбону. Вкажіть, електронегативність якого з них більша та стисло поясніть причину.

Електронегативність Карбону більша, оскільки будова зовнішнього енергетичного рівня в них однакова, а радіус Карбону менший, тому здатність його ядра притягувати електрони більша.

Карбон тетрахлорид та силіцій тетрахлорид відрізняються за реакційною здатністю по відношенню до води. При додаванні CCl_4 до води кислотність не зростає, на відміну від SiCl_4 , додавання якого до води призводить до сильного збільшення кислотності розчину.

5.4. Напишіть рівняння реакцій CCl_4 та SiCl_4 з водою, якщо такі відбуваються.

CCl_4 - не реагує

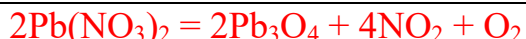
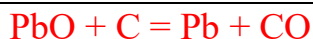
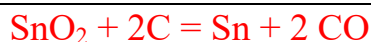


Олово та свинець часто зустрічаються в одних і тих самих сплавах. Зазвичай їх розділяють електролізом, проте існують методи, що дозволяють це зробити селективним (вибірковим) осадженням.

Перший метод полягає в селективному розчиненні в концентрованій нітратній кислоті за кімнатної температури. В ході реакції утворюється розчин, що містить сіль одного з металів, та білий осад оксиду іншого металу. В продуктах метали знаходяться в різних ступенях окиснення. Далі осад відфільтровують, відновлюють вуглецем та отримують один із металів у чистому вигляді. Після упарювання розчину та прожарювання, утворений оксид також можна відновити вуглецем до чистого металу за високих температур.

5.5. Напишіть рівняння згаданих реакцій, що ведуть до розділення олова та свинцю.





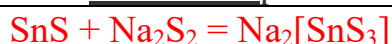
Другий метод базується на вибіркового розчиненні PbS та SnS в Na₂S₂. В ході цієї реакції один з сульфідів розчиняється, а інший залишається твердим.

5.6. Який з металів розчиняється?

 Sn

 Pb

5.7. Запишіть рівняння реакції розчинення одного з сульфідів в Na₂S₂



Завдання 9.6. Не все те золото, що жовте

Автор: Олег Комарницький

Алотропні модифікації – це явище існування різних простих речовин, утворених одним елементом.

X — кристалічна речовина жовтого кольору. Вона дуже крихка і легко розтирається в дрібнесенький порошок. У всіх рідких і твердих станах діамагнітна. Зустрічається в трьох алотропних формах: дві кристалічні і аморфна. В кристалічній формі спостерігається впорядковане розташування частинок, а в аморфній частинки не утворюють кристалічну ґратку і загалом розташовані неупорядковано.



Кристалічна форма X містить 8 ковалентних зв'язків між атомами, що є sp³-гібридизованими, натомість аморфна є полімером, що містить нескінченну кількість цих зв'язків.

6.1. Визначте X. Схематично намалюйте кристалічну та аморфну форму.

X – S	
Кристалічна форма	Аморфна форма

Інколи в сполуках спостерігаються «нетрадиційні ступені окиснення» атомів певного елемента. Зазвичай це речовини, у яких два або більше атомів одного елемента мають різні ступені окиснення. Тому «середній» ступінь окиснення виглядає нетипово і навіть буває дробовим. Такі ступені окиснення дуже характерні для сполук, що містять елемент X.

При дії на речовину **X** концентрованою розчином NaOH за певних умов утворюються речовини **A** та **B**. Речовина **B** ($w(\text{O}) = 30,38\%$) знебарвлює розчин йоду і при цьому утворюється речовина **C** ($w(\text{O}) = 35,56\%$). Речовину **B** також можна добути при дії **X** на речовину **D**, яка утворюється при пропусканні газу **E** через розчин лугу. Газ **E** добувають спалюванням **X** на повітрі. При дії на **B** концентрованої HNO_3 утворюється жовтий осад та речовина **F**, яка утворює осад з $\text{Ba}(\text{OH})_2$. При електролізі речовини **F** утворюється кислота **G** – сильний неорганічний окисник. Також з речовини **F** можна добути ще один сильний окисник – **H** ($w(\text{X}) = 28,07\%$), якщо подіяти на неї концентрованим H_2O_2 . Речовини **B**, **C** та **D** мають однаковий якісний склад. Речовини **F**, **G** та **H** також мають однаковий якісний склад.

6.2. Напишіть формули речовин **A-H**.

A	B	C		D	E	F	G	H
Na_2S	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	$\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$		Na_2SO_3	SO_2	H_2SO_4	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$	H_2SO_5
<p>Зазвичай, якщо проста речовина розчиняється у лузі, то відбувається реакція диспропорціювання. Враховуючи той факт, що B має кисень, то в цій сполуці сірка має вищий ступінь окиснення, ніж 0, а в сполуці A нижче, тоді A – Na_2S. Припустимо, що B – $\text{Na}_a\text{S}_b\text{O}_c$, тоді $M(\text{B}) = 48/0,3038 = 158$ г/моль. Залишається, 32 г/моль, що відповідає Сульфурі. B – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ добувають за допомогою S і Na_2SO_3. D – Na_2SO_3. Реакція з йодом – якісна на тіосульфат аніон, тому $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$. Без каталізаторів, на повітрі утворюється тільки один оксид. E – SO_2. HNO_3 сильний окисник і окиснить B до максимального ступеня окиснення, який стабільний за звичайних умов, +6. F – H_2SO_4. При електролізі, зазвичай, добувають речовини з такими ступенями окиснення, які важко добути при звичайних умовах. Враховуючи, що G сильний окисник, то G – $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$. Єдиний спосіб з F зробити сильніший окисник – це додати пероксидний зв'язок. Тоді $M(\text{H}) = 32/0,2807$. Якщо відняти $M(\text{H}_2\text{SO}_4)$, то якраз відповідає ще одному оксигену. H – H_2SO_5</p>								

6.3. Наведіть рівняння усіх реакцій.

1	$4\text{S} + 6\text{NaOH} \rightarrow 2\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
2	$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
3	$\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$
4	$\text{SO}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
5	$2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{I}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 + 2\text{NaI}$
6	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{S} + 2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{NaNO}_3$
7	$2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2 + \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$
8	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_5$
9	$\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

6.4. **Зобразіть** просторову будову **B, C, G, H** та встановіть гібридизацію центрального (некінцевого) атому(ів) в них.

	Структура	Гібридизація
B	$2\text{Na}^+ \left[\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{S}-\text{O} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} \right]^{2-}$	sp^3
C	$\begin{array}{c} \text{Na}^+ \quad \text{O}^- \\ \parallel \quad \text{O} \\ \text{O}=\text{S}-\text{S}-\text{S}=\text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{O} \quad \text{O}^- \quad \text{Na}^+ \end{array}$	sp^3
G	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{HO}-\text{S}-\text{O}-\text{O}-\text{S}-\text{OH} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$	sp^3
H	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HO}-\text{S}-\text{O}-\text{OH} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$	sp^3

6.5. Які з наступних мінералів містять **X**? **Оберіть** одну або декілька відповідей.

 Пірит

 Шпат

 Кварц

 Олівін

 Кіновар

9 клас. II тур

Завдання 9.1 Зелена ватага

Автор: Євген Минак

У процесі фотосинтезу рослини перетворюють вуглекислий газ та воду на глюкозу ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) та кисень.

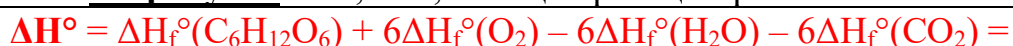
1.1. **Наведіть** рівняння хімічної реакції для процесу фотосинтезу.



Речовина	ΔH_f° , кДж/моль	ΔS_f° , Дж/(моль·К)
$\text{CO}_{2(\text{г})}$	-393,5	213,2
$\text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}$	-285,8	69,9
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(\text{ТВ})}$	-1273,3	212,1
$\text{O}_{2(\text{г})}$		205,0

Використовуючи дані таблиці, дайте відповіді на наступні пункти:

1.2. **Розрахуйте** ΔH° , ΔS° , ΔG° цієї реакції при $T = 298 \text{ K}$.



$$\begin{aligned}
 &= -1273,3 + 6 \cdot 0 - 6 \cdot (-393,5) - 6 \cdot (-285,8) = \mathbf{2802,5 \text{ кДж/моль}} \\
 \Delta S^\circ &= \Delta S_f^\circ(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) + 6\Delta S_f^\circ(\text{O}_2) - 6\Delta S_f^\circ(\text{H}_2\text{O}) - 6\Delta S_f^\circ(\text{CO}_2) = \\
 &= 212,1 + 6 \cdot 205,0 - 6 \cdot 213,2 - 6 \cdot 69,9 = \mathbf{-256,5 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}} = \mathbf{-0,2565} \\
 &\text{кДж/(моль} \cdot \text{К)} \\
 \Delta G^\circ &= \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ = 2802,5 - 298 \cdot (-0,2565) = \mathbf{2878,9 \text{ кДж/моль}}
 \end{aligned}$$

1.3. Чи є ця реакція термодинамічно самочинною?

Ні, так як $\Delta G^\circ > 0$

При фотосинтезі зелені рослини поглинають енергію від фотона $E = 2,84 \cdot 10^{-19}$ Дж.

1.4. Розрахуйте довжину хвилі λ фотонів, які поглинаються.

Енергія фотона: $E = hc/\lambda$, де h – стала Планка, c – швидкість світла.

$$E = hc/\lambda \Rightarrow$$

$$\lambda = hc/E = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / 2,84 \cdot 10^{-19} = 7 \cdot 10^{-7} \text{ м} = \mathbf{700 \text{ нм}}$$

Кожен рік для фотосинтезу на всій Землі використовується близько $3 \cdot 10^{21}$ Дж сонячної енергії.

1.5. Розрахуйте масу CO_2 , який щорічно вилучається з атмосфери під час фотосинтезу. (Використайте значення ΔG° знайдене у пункті 2, якщо ΔG° не було знайдене, то використайте $\Delta G^\circ = 1439,5 \text{ кДж/моль}$)

$$m(\text{CO}_2) = \frac{44,01 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 10^{21}}{2878,9 \cdot 10^3} = \mathbf{2,75 \cdot 10^{17} \text{ г}}$$

Завдання 9.2 Реактивний світлоносець

Автор: Володимир Краплина

Елемент **X** відомий світові вже 355 років, але не дивлячись на це, він з нами з самого виникнення людства, бо уявити наш організм без нього неможливо. Тому ця задача, як наша данина йому, буде повністю про нього. У промисловості просту речовину **X** добувають з солі **A** реакцією з піском і вугіллям. Сіль **A** містить у своєму складі атоми трьох хімічних елементів, а саме: Кальцій, елемент **X** та елемент **Z**, вміст якого в земній корі найбільший.

2.1. Визначте формулу солі **A**, елементи **X** та **Z**, та напишіть рівняння вищезгаданої реакції, якщо масова частка елементу **Z** в сполуці складає 41,27 %, і сполука **A** містить тризарядний аніон.

З опису властивостей металу **Y**, стає очевидним що це Ca. За описом елемента **Z** можна зрозуміти що це O. Вже з цих даних можна схематично записати формулу сполуки **A**, а саме:



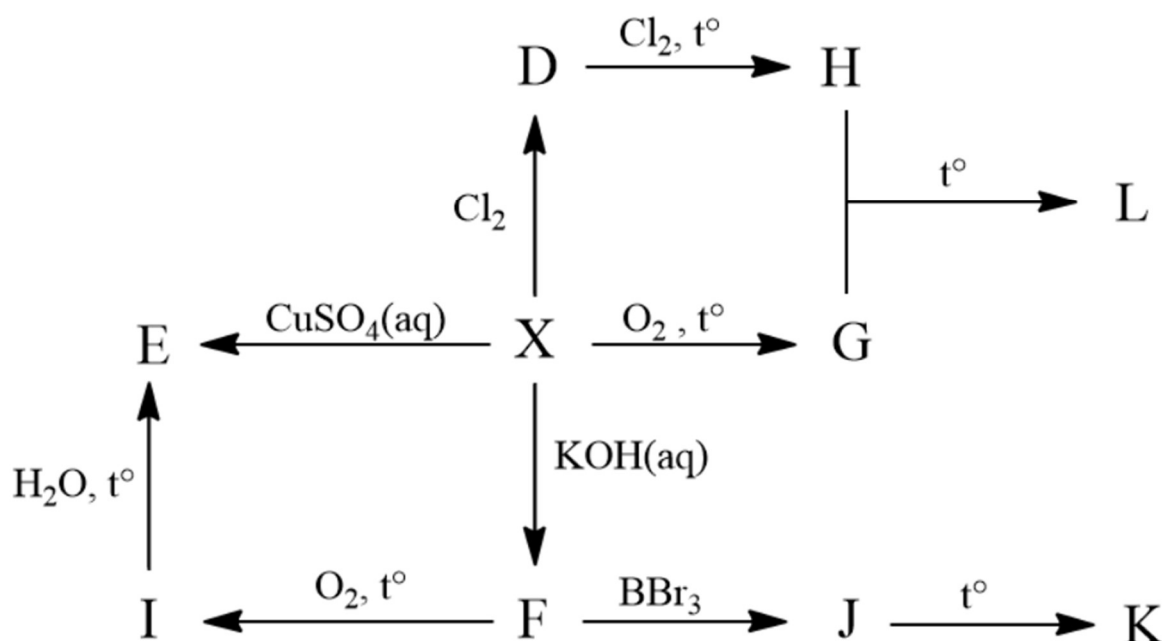
Далі з формули і масової частки Оксигену виразимо атомну масу **X**:

$$Ar(X) = \frac{n(\frac{32}{w(O)} - 32)}{2} - 120 = \frac{45,54n - 120}{2}$$

Для $n = 1$ та $n = 2$, розв'язок від'ємний, для $n = 3$ немає відповіді, для $n = 4$ $Ar(X) = 31$.

Елементом X є P (Фосфор). Формула $A = Ca_3(PO_4)_2$.

Тоді описану реакцією є:



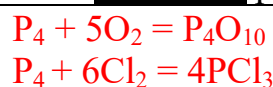
Хімія елемента X дуже різноманітна, що показує схема, яка наведена вище:

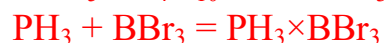
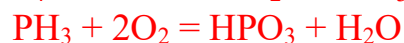
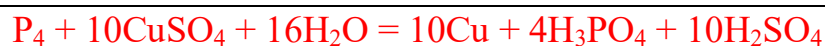
- Всі зашифровані сполуки містять елемент X у своєму складі;
- Елемент X в сполуках F , J , K , D знаходиться в не максимальному ступені окиснення;
- Сполука J містить донорно-акцепторний зв'язок;
- Масова частка елемента X в сполуках складає: $F(91,18\%)$, $E(31,63\%)$ та $J(10,89\%)$;
- Сполука K за своєю твердістю подібна алмазу.

2.2. **Визначте** всі зашифровані сполуки.

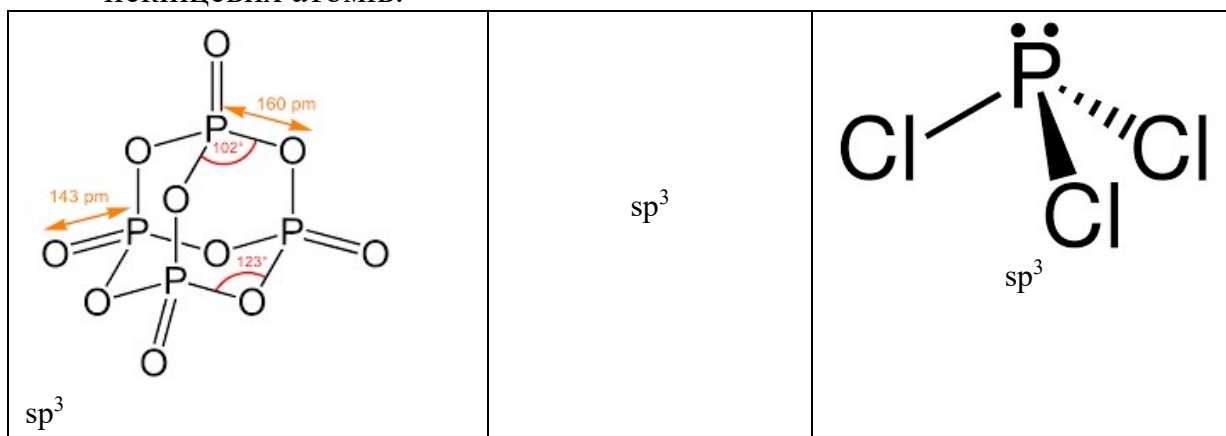
D – PCl₃	E – H₃PO₄	F – PH₃
G – P₄O₁₀	H – PCl₅	I – HPO₃
J – PH₃ × BBr₃	K – BP	L – POCl₃

2.3. **Наведіть** рівняння реакцій зі схеми.





2.4. **Наведіть** структурні формули сполук **G**, **J** та **D**. **Вкажіть** гібридизацію некінцевих атомів.



У 1669 році німецький алхімік Генніг Бранд при нагріванні суміші білого піску і випаруваної сечі отримав речовину **X**, що світилася в темряві, названу спочатку «холодним вогнем». Але пізніше назву змінили на відому нам тепер грецьку назву.

2.5. **Напишіть**, що означає назва елемента **X**.

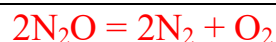
Назва фосфор пішло від грецького φως-форос, що означає «світлоносний»

Завдання 9.3 З турботою про навколишнє середовище

Автор: Анастасія Гриньова

Нітроген (I) оксид є одним із «винуватців» глобального потепління, а також спричиняє руйнування озонового шару в стратосфері. Його атмосферна концентрація збільшується з кожним роком. Найбільше нітроген (I) оксиду надходить в атмосферу внаслідок використання добрив, які розкладаються у ґрунті бактеріями з виділенням цього газу. Він також міститься у викидах промислових виробництв, зокрема виробництва нітратної та адипінової кислот. І якщо викиди спричинені сільським господарством достатньо важко регулювати, то в промисловості цього шкідливого продукту можна позбутися завдяки його здатності розкладатися при нагріванні з утворенням газів, що є основними компонентами повітря.

3.1. **Напишіть** реакцію розкладу нітроген (I) оксиду.



В реактор об'ємом 5 л помістили 3 моль нітроген (I) оксиду за температури 450 °С.

3.2.Обчисліть тиск у реакторі до та після проходження реакції розкладу.
(Відповідь вкажіть у барах.)

До проходження реакції: $p = nRT/V = (3 \text{ моль} \cdot 8,314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot 723 \text{ К}) / 0,005 \text{ м}^3 = 3606 \text{ кПа} = 36 \text{ бар}$.

Згідно з рівнянням п.1, у ході реакції на 1 моль N_2O утворюється 1 моль N_2 і 0,5 моль O_2 . Тоді після проходження реакції тиск збільшиться в 1,5 рази і становитиме 5409 кПа, або **54 бар**.

Для більш ефективного перебігу реакції використовують каталізатори на основі перехідних металів. При використанні в якості каталізатору платинової пластини за температури 400 °С були отримані наступні результати:

Час реакції, секунди	0	0,5	1	2	4
Загальний тиск газової суміші, бар	10	10,43	10,84	11,67	13,33

3.3. Встановіть порядок реакції. Відповідь аргументуйте.

Кінетичні рівняння для відповідних порядків:

Нульовий: $p = p_0 - kt$

Перший: $\ln p = \ln p_0 - kt$

Другий: $\frac{1}{p} = \frac{1}{p_0} + kt$

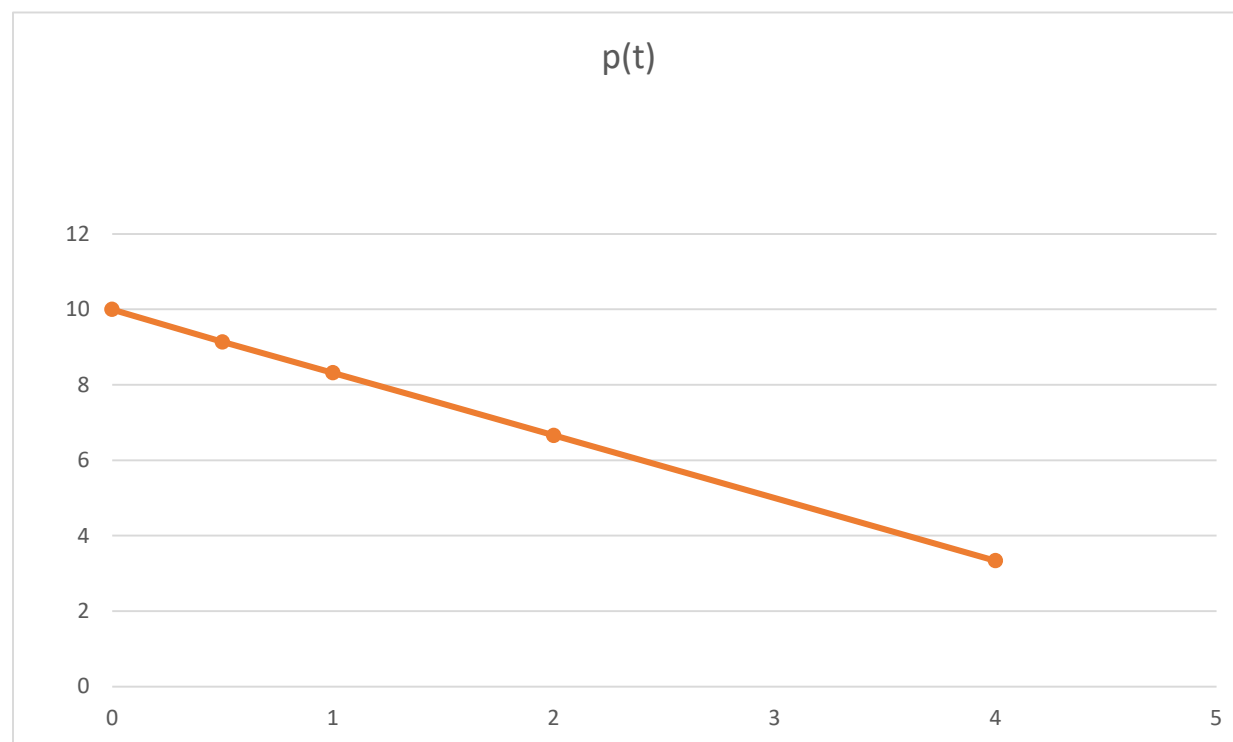
Обчислимо зміну тиску нітроген (I) оксиду ході реакції, $p - p_0$, де p_0 є тиском у момент часу $t=0$ с.

Час, секунди	0	0,5	1	2	4
$p(\text{N}_2\text{O})$, бар	10	9,14	8,32	6,66	3,34
$(p - p_0)$, бар	0	-0,86	-1,68	-3,34	-6,66

Бачимо, що величина $(p - p_0)$ лінійно зменшується в ході реакції (з невеликою похибкою): за 1 с розклавось удвічі більше оксиду, ніж за 0,5 с, за 2 с розклавось удвічі більше оксиду ніж на 1 с тощо.

Тобто, кінетичне рівняння має вигляд $p = p_0 - kt$, що відповідає **нульовому порядку**.

Також цей висновок можна підтвердити, побудувавши графік залежності тиску від часу, який є прямою, що свідчить про те, що залежність саме лінійна, а не логарифмічна чи обернено пропорційна. Отже реакція має нульовий порядок і описується кінетичним рівнянням $p = p_0 - kt$



3.4. Обчисліть константу швидкості реакції.

Для кожного інтервалу обчислимо k за формулою $k = \Delta p / \Delta t$, яка слідує з кінетичного рівняння для 0-го порядку ($p = p_0 + kt$):

$$(10 \text{ бар} - 9,14 \text{ бар}) / (0,5 \text{ с} - 0 \text{ с}) = 1,72 \text{ бар/с}$$

$$(9,14 \text{ бар} - 8,32 \text{ бар}) / (1 \text{ с} - 0,5 \text{ с}) = 1,64 \text{ бар/с}$$

$$(8,32 \text{ бар} - 6,66 \text{ бар}) / (2 \text{ с} - 1 \text{ с}) = 1,66 \text{ бар/с}$$

$$(6,66 \text{ бар} - 3,34 \text{ бар}) / (4 \text{ с} - 2 \text{ с}) = 1,66 \text{ бар/с}$$

Середнє арифметичне отриманих значень 1,67 бар/с.

Відповідь: $k = 1,67 \text{ бар/с}$.

Такий порядок часто зустрічається для реакцій, де бере участь каталізатор, особливо коли кількість реагенту значно перевищує кількість каталізатора.

3.5. Оберіть правильну відповідь, що пояснює причину цього феномену.

- Кількість нітроген оксиду в суміші настільки велика, що на механізм впливають закони великих чисел

- ❑ Швидкість реакції визначається фіксованою кількістю каталітичних центрів, що зумовлює фіксовану швидкість упродовж всієї реакції незалежно від концентрації нітроген оксиду
- ❑ Механізм реакції включає в себе стадії, які мають перший та від'ємний порядок за нітроген оксидом, тому результуючим порядком реакції є нульовий
- ❑ Каталізатор є твердою речовиною, а реагенти і продукти – газоподібними.

Завдання 9.4 Титрування

Автор: Михайло Зайченко

Кислотно-основне титрування – базовий вид титрометричного аналізу, один з найпростіших, проте не менш важливий ніж усі інші. Для успішного проведення експерименту необхідно правильно підібрати індикатор, який буде змінювати забарвлення поблизу точки еквівалентності.

4.1. Дайте визначення таким поняттям: пряме титрування, обернене титрування, точка еквівалентності.

Пряме титрування – вид титрування, при якому визначавану речовину титрують безпосередньо стандартним розчином титранту.

Обернене титрування – вид титрування, при якому до розчину визначуваної речовини додають спочатку явний надлишок реагенту і потім титрують його залишок, що не вступив у реакцію.

Точка еквівалентності - момент у титрометричному аналізі, коли кількість доданого титранту хімічно еквівалентна до кількості визначуваного компонента.

Далі Вам буде запропоновано три методики титрування, для кожної з яких треба визначити початкові наважки речовин, розрахувати рН точки еквівалентності ($pH_{екв.}$), зазначити, які індикатори можна використати для даного експерименту, зазначити тип похибки, зумовленої індикатором (перетитровано/недотитровано).

pT - значення рН, при якому спостерігається різка зміна забарвлення індикатора.

Індикатор	Інтервал переходу	pT
Метилловий оранжевий	3,1-4,0	4
Метилловий червоний	4,2-6,2	5
Феноловий червоний	6,8-8,4	7
Фенолфталеїн	8,2-10	9
Тимолфталеїн	9,3-10,5	10

Алізариновий жовтий	10,0-12,1	11
------------------------	-----------	----

Експеримент 1

Наважку NaOH розчинили у 100 мл дистильованої води. З утвореного розчину відібрали аліквоту 15 мл, та відтитрували 0,20М розчином хлоридної кислоти. Зміну забарвлення спостерігали при додаванні 18,75 мл розчину титранту. В якості індикатора використовували метиловий червоний.

Експеримент 2

Наважку CH₃COOH розчинили у 200 мл дистильованої води. З утвореного розчину відібрали аліквоту 30 мл, та відтитрували 0,163М розчином натрій гідроксиду. Зміну забарвлення спостерігали при додаванні 23 мл розчину титранту. В якості індикатора використовували тимолфталейн. pKa(CH₃COOH)=4,76.

Експеримент 3

Наважку Na₂CO₃ розчинили у 175 мл дистильованої води. З утвореного розчину відібрали аліквоту 27 мл, та відтитрували 0,124М розчином хлоридної кислоти. Першу зміну забарвлення спостерігали при додаванні 8,65 мл розчину титранту. В якості індикатора спочатку використовували фенолфталейн, а потім метиловий оранжевий. pKa₁(H₂CO₃)= 6,37, pKa₂(H₂CO₃) = 10,33.

4.2. Проведіть необхідні розрахунки та заповніть таблицю.

	Експеримент 1	Експеримент 2	Експеримент 3 (перша т.екв)	Експеримент 3 (друга т.екв.)
Маса початкової наважки	1 г	1,5 г	0,737 г	
pH _{екв.}	7	8,81	8,35	7
Тип похибки	Перетитрований	Перетитрований	Недотитрований	Похибки немає

Експеримент 1:

$$C = (18,75/15) \cdot 0,2 = 0,25 \text{ моль/л}$$

$$m = (0,25 \cdot 0,1) \cdot 40 = 1 \text{ г}$$

pH_{екв.} = 7 (сильна кислота та сильна основа), тип похибки – перетитрований (pT < pH_{екв.})

Експеримент 2:

$$C = (23/30) \cdot 0,163 = 0,125 \text{ моль/л}$$

$$m = (0,125 \cdot 0,2) \cdot 60 = 1,5 \text{ г}$$

$$c_{\text{соли}} = 0,125 \cdot 30 / (30 + 23) = 0,0708 \text{ моль/л}$$

pH_{екв.} = 7 + 1/2 · (lg(c_{соли}) + pKa) = 7 + 1/2 · (-1,15 + 4,76) = 8,805, тип похибки – перетитрований (pT > pH_{екв.})

Експеримент 3:

$$C = (8,65/27) \cdot 0,124 = 0,0397 \text{ моль/л}$$

$$m = (0,0397 \cdot 0,175) \cdot 106 = 0,737 \text{ г}$$

Перша точка еквівалентності:

$$pH_{\text{екв}} = (pK_{a1} + pK_{a2})/2 = (6,37 + 10,33)/2 = 8,35, \text{ тип похибки – недотитрований (} pT > pH_{\text{екв}} \text{.)}$$

Друга точка еквівалентності:

$$c_{\text{соли}} = 0,0397 \cdot 27 / (27 + 8,65 + 8,65) = 0,0242 \text{ моль/л}$$

$$pH_{\text{екв}} = -\log(\sqrt{cKa1}) = -\log(\sqrt{0,0242 \cdot 4,27 \cdot 10^{-7}}) = 3,99, \text{ тип похибки – похибки немає (незначна).}$$

4.3. Оберіть (позначте у відповідних клітинках таблиці) індикатори, які можуть бути використані замість наведеного у відповідних експериментах.

Індикатор	Експеримент 1	Експеримент 2	Експеримент 3 (перша т.екв)	Експеримент 3 (друга т.екв.)
Метилловий оранжевий				X
Метилловий червоний	X			
Феноловий червоний	+		+	
Фенолфталеїн			X	
Тимолфталеїн		X		
Алізариновий жовтий				
Жоден з перелічених				

Завдання 9.5 Поглинач кисню

Автор: Андрій Мишастий

В харчовій промисловості для збереження продуктів від псування використовують так звані «поглиначі кисню». Поглинач кисню у вигляді порошку або гранул поміщають в пакетик з напівпроникною мембраною і далі в упаковку з їжею. В окремих випадках вдається досягти зниження вмісту кисню на три порядки в порівнянні з його вмістом в повітрі.

1 г простої металічної речовини **M**, яка є ключовим компонентом «поглинача кисню», висипали в чашку Петрі і залишили на тривалий час у вологому провітрюваному приміщенні. Продукти окиснення піддали термічній обробці при 1000 °С без доступу кисню. Маса зразка після

прожарювання становила 1,37 г. При цьому утворився продукт, загальної формули MO_x (x не є цілим числом), який можна представити як суміш двох оксидів металу в різних ступенях окиснення.

5.1. Визначте метал M , якщо його наважка масою 1г при взаємодії з водним розчином хлоридної кислоти виділяє 0,4 л водню (н.у.).

Для розрахунку будемо вважати, що вміст пакету з поглиначем складається лише з речовини M . Рівняння реакції металу з хлоридною кислотою:



За законом еквівалентів:

$$1/M_e = 0,4 \cdot 2/22,4, M_e = 28, \text{ для } n = 2 \text{ маємо } M - Fe$$

5.2. Знайдіть x у формулі продукту MO_x . Вкажіть, які оксиди металу M утворюють MO_x і обчисліть їх масові частки в ньому.

Збільшення маси на 37% відбулось за рахунок окиснення заліза. Обчислимо мольне співвідношення Феруму і Оксигену для формули FeO_x :

$$n(Fe) = 1/55,85 = 0,018, n(O) = 0,37/16 = 0,023, x = 0,023/0,018 = 1,29, FeO_{1,29}$$

Оксиди феруму, які утворили продукт прожарювання – FeO і Fe_2O_3 . Рівняння для розрахунку співвідношення оксидів (y - масова частка FeO , $(1-y)$ – масова частка Fe_2O_3):

$$y \cdot 16/(16 + 55,85) + (1 - y) \cdot 16 \cdot 3/(16 \cdot 3 + 55,85 \cdot 2) = 0,37/1,37, y = 0,4 \text{ або } 40\% FeO, 60\% Fe_2O_3$$

5.3. Визначте об'єм повітря, який можна «нейтралізувати» від кисню поглиначем масою 10 г, якщо початковий вміст O_2 в повітрі 20,95 % за об'ємом, а після поглинання – 0,01 %. Відповідь округліть до сотих. Температура повітря 25 °С, тиск 101,3 кПа.

$$n = m/M, PV = nRT, \text{ збільшення маси берем на } 37\% \text{ за рахунок окиснення заліза}$$

$$101,3 \cdot V = 3,7 \cdot 8,31 \cdot (25 + 273)/32$$

$$V(O_2) = 2,83 \text{ л}$$

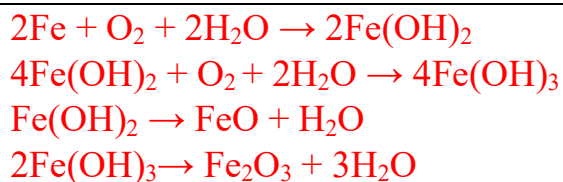
Залишковим киснем нехтуємо, маємо

$$V_{\text{пов}} = 2,83/0,2095 = 13,5 \text{ л}$$

5.4. Який об'єм займає повітря із попереднього завдання за нормальних умов?

$$V_1/T_1 = V/T, \text{ тиск однаковий, } V/273 = 13,5/298, V = 12,37 \text{ л}$$

5.5. Напишіть рівняння реакцій утворення гідроксидів при взаємодії M з киснем повітря в присутності води та рівняння реакцій їх термічного розкладу до оксидів.



Завдання 6. Вгадай мене, якщо зможеш 😊

Автор: Сергій Пунін

Друзі, мабуть, ви вже втомились розв'язувати стільки розрахункових задач. Тож пропонуємо вам пройти невеличкий тест. Для кожного пункту відмітьте один правильний варіант відповіді.

6.1. Кислота Льюїса це...

- ▶ Речовина або йон, що є акцептором електронної пари при утворенні донорно-акцепторного зв'язку.**
- Речовина, що у водному розчині дисоціює з утворенням йонів H^+ .
- Речовина або йон, що є донором електронної пари при утворенні донорно-акцепторного зв'язку.
- Речовина, що не дисоціює у воді, але дисоціює в інших розчинниках з утворенням йонів H^+ .

6.2. В ході хімічної реакції енергія виділяється чи поглинається тому, що...

- При взаємодії електрони переходять зі збудженого стану в основний і навпаки.
- ▶ Сумарна енергія зв'язків в продуктах і реагентах відрізняються.**
- З атомних орбіталей утворюються молекулярні орбіталі.
- Продукти і реагенти знаходяться в різному агрегатному стані.

6.3. Молекулярний хлор...

- Завжди є окисником.
- ▶ Складається з молекул, дипольний момент яких дорівнює нулю.**
- Реагує з багатьма металами, але не реагує з солями.
- Не переходить у твердий стан, оскільки здатен до сублімації.

6.4. Буферний розчин...

- Розчин, який відділений від іншого напівпроникною мембраною.
- ▶ Розчин, рН якого не сильно змінюється при додаванні невеликої кількості кислоти чи лугу.**
- Будь-який розчин кислоти та солі, що утворена цією ж кислотою.
- Будь-який розчин основи та солі, що утворена цією ж основою.

6.5. Ступінь дисоціації речовини у розчині...

- Не залежить від розчинника.
- Для слабких електролітів дорівнює нулю.
- Зростає при збільшенні концентрації електроліту.
- Зростає при зменшенні концентрації електроліту.

6.6. Валентність Нітрогену в нітратній кислоті дорівнює...

- II
- III
- IV
- V

6.7. Під час електролізу...

- Завжди відбуваються окисно-відновні реакції.
- Не відбувається окисно-відновних реакцій, оскільки електрони переходять не від одних атомів до інших, а від зовнішнього джерела струму.
- Катодний та анодний простір розділяють мембраною, щоб уникнути короткого замикання.
- Сила струму прямо пропорційна різниці між площами катоду та аноду.

6.8. Константа рівноваги...

- Зростає при додаванні каталізатору
- Є відношенням константи швидкості прямої реакції до константи швидкості зворотної реакції.
- Є відношенням константи швидкості зворотної реакції до константи швидкості прямої реакції.
- Не залежить від температури, концентрації, тиску і залежить лише від природи реагуючих речовин.

6.9. Цис-транс ізомерія...

- Завжди спостерігається за наявності в молекулі подвійного C=C зв'язку.
- Спостерігається тільки за наявності в молекулі подвійного C=C зв'язку.
- Спостерігається не тільки за наявності в молекулі подвійного C=C зв'язку.
- Характерна тільки для органічних речовин.

6.10. Вкажіть кількість ізомерів, що мають формулу C₆H₁₄.

- Чотири ізомери
- П'ять ізомерів
- Шість ізомерів
- Сім ізомерів

9 клас (експеримент)

Кількісне визначення іонів Магнію

Відповіді та пояснення

Робота складається з двох частин/титрувань. Стандартизація Трилону Б відбувається за трьома варіантами цинк сульфату. Кожному з варіантів відповідає експериментально визначений об'єм розчину Трилону Б (робочого розчину). Значення об'ємів визначені викладачами та є так званими MasterValue, тобто значення до яких мають наближатись ваші експериментальні результати. Ці значення наведено у таблиці.

	с, моль/л	V(Трилону), MasterValue
Zn-1	0,0475	9,5
Zn-2	0,0505	10,1
Zn-3	0,0530	10,6

Приклад розрахунку: на 10 мл розчину цинк сульфата 0,0475 моль/л витрачено 9,5 мл Трилону Б, звідки його концентрація: $(0,0475 \cdot 10) / 9,5 = 0,05$ моль/л.

Оцінка за цю частину роботи розраховується за методом «трапеції», з урахуванням відхилення експериментально отриманого значення від MasterValue.

Друга частина аналогічна до першої. При розрахунку наважки Задачі треба враховувати ще об'єм аліквоти розчину, який відбирається з мірної колби.

Номери задач	V(Трилону), MasterValue
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 33	10,2
9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	10,7
17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24	11,3
25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32	11,8

Приклад розрахунку: $(10,2 \cdot 0,05 / 1000) \cdot 10 \cdot 24,3 = 0,1239$ г Mg^{2+} .

10 клас. I тур

Завдання 10.1. Метан і його супутники

Автор: Тетяна Друженко

Геля Геліївна вивчає зразки природного газу з різних родовищ світу. Для дослідження їй надіслали три суміші, з якими вона провела низку експериментів. Спочатку виміряла густину сумішей. Потім пропустила по 100 мл кожної з сумішей крізь надлишок розчину NaOH і виміряла об'єм газу, що поглинувся. Газ, який не поглинувся, Геля Геліївна збрала, виміряла його об'єм, спалила у надлишку кисню, утворені газоподібні продукти пропустила крізь надлишок розчину NaOH і знову виміряла об'єм газу, що поглинувся. Таблиця з лабораторного журналу Гелі Геліївни:

Дослід	Суміш	№1	№2	№3
1	Густина, г/л (н. у.)	0,9577	0,8160	0,6784
2	Початковий об'єм зразка, мл	100	100	100
3	Об'єм газу, поглинутий розчином NaOH, мл	30	8	0
4	Об'єм непоглинутого газу, мл	70	92	100
5	Об'єм, поглинутий розчином NaOH після спалювання газу з дослідів 4, мл	70	92	93

1.1. Встановіть об'ємний склад сумішей, якщо відомо, що кожна з них складається з двох компонентів, одним з яких є метан.

Метан з NaOH не реагує, отже у зразках 1 та 2 присутні гази, що взаємодіють з NaOH, газ 3 є інертним до NaOH та кисню. Після спалення метан перетворюється на CO₂, причому об'єм CO₂ дорівнює початковому об'єму метану. По об'ємам можемо порахувати v невідомих газів:

$$v_1 = 0,03/22,4 = 1,34 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$v_2 = 0,008/22,4 = 3,57 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$v_3 = 0,007/22,4 = 3,125 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

Віднявши від загальної маси масу метану можемо знайти їх маси та молекулярні маси:

$$m_1 = 0,9577 \cdot 0,1 - (0,07/22,4) \cdot 16 = 0,04577$$

$$M_1 = 34,1 \text{ (найбільше підходить H}_2\text{S)}$$

$$m_2 = 0,8160 \cdot 0,1 - (0,092/22,4) \cdot 16 = 0,01589$$

$M1 = 44.5$ (найбільше підходить CO_2) $m2 = 0.6784 \cdot 0.1 - (0.093/22.4) \cdot 16 = 1,41 \cdot 10^{-3}$ $M1 = 4.5$ (найбільше підходить He)		
Суміш №1	Суміш №2	Суміш №3
$\varphi(CH_4) = 70\%$	$\varphi(CH_4) = 92\%$	$\varphi(CH_4) = 93\%$
$\varphi(H_2S) = 30\%$	$\varphi(CO_2) = 8\%$	$\varphi(He) = 7\%$

1.2. **Напишіть** рівняння хімічних процесів, згаданих в умові задачі.

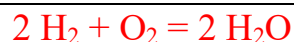
$H_2S + 2 NaOH = Na_2S + 2 H_2O$ або $H_2S + NaOH = NaHS + H_2O$
$CH_4 + 2 O_2 = CO_2 + 2 H_2O$
$CO_2 + 2NaOH = Na_2CO_3 + H_2O$ або $CO_2 + NaOH = NaHCO_3$

1.3. Одного разу на дослідження замість природного газу надіслали водень, хлороводень та SF_6 . Як виглядатиме таблиця Гелі Геліївни цього разу?
Заповніть таблицю.

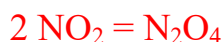
Дослід	Речовина	H_2	HCl	SF_6
1	Густина, г/л (н. у.)	0,0902	1,628	6,521
2	Початковий об'єм зразка, мл	100	100	100
3	Об'єм газу, поглинутий розчином $NaOH$, мл	0	100	0
4	Об'єм непоглинутого газу, мл	100	0	100
5	Об'єм, поглинутий розчином $NaOH$ після спалювання газу з досліду 4, мл (якщо цей дослід провести неможливо, ставте прочерк)	0	—	0

1.4. **Запишіть** рівняння хімічних процесів, які відбулися під час експерименту.

$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$



1.5. Коли Гелі Геліївні надіслали на дослідження NO_2 , вона дуже здивувалася: густина цього газу зменшувалася зі зростанням температури швидше, ніж передбачало рівняння стану ідеального газу, а руде забарвлення ставало інтенсивнішим при нагріванні і зникало при охолодженні. Поясніть експериментальні данні, **написавши рівняння** відповідної реакції.



Завдання 10.2. Неорганічні електросинтези

Автор: Микита Іваниця

Сполуки деякого елементу **X** надзвичайно розповсюджені у повсякденному житті людини, і для одержання багатьох з них використовується проста речовина **A** - блідо-зелений газ з різким запахом. Речовину **A** одержують за допомогою електролізу водного розчину солі **B**, при цьому на катоді виділяється газ **C**, густина якого за воднем дорівнює 1, а газ **A** виділяється на аноді. При цьому за 1 годину при заданій силі струму 2 А витрачається 4,37 г солі **B**, і в розчині утворюється сильна основа **D**. В електролітичній комірці при цьому обов'язково має бути присутня мембрана, яка розділяє катодний і анодний простір, а проста речовина **A** швидко виводиться з реакційної суміші.

1.1. **Визначте** елемент **X**, речовини **A-D**, підтвердіть розрахунком.

X – Cl	A – Cl ₂	B - NaCl
C - H ₂	D - NaOH	

Місце для розрахунку: : кількість зелених газоподібних простих речовин дуже обмежена, тому **X** -це хлор, **A** - Cl₂. Оскільки він виділяється на аноді, то сіль **B** - хлорид. Виділяється в ході реакції сильна основа, то **B** - хлорид лужного металу. За допомогою об'єднаного закону Фарадея можна розрахувати молярну масу солі **B**.

Так, виходить, що молярна маса 58,55. Віднімаючи молярну масу хлору, знаходимо, що **B** - це NaCl.

2.2. **Запишіть** сумарне рівняння реакції, що відбувається, а також напівреакції процесів, що відбуваються на катоді та аноді.

Сумарне рівняння реакції: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaCl} = \text{H}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{NaOH}$

Катод: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

Анод: $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}$

За допомогою електролізу з сполуки **В** можна також отримати речовини **Е** та **Ф**. Найбільш суттєвою відмінністю від попереднього процесу є відсутність мембрани. Так, **А** відразу поглинається розчином основи **Д**, внаслідок чого знову утворюється **В**, а також речовина **Е**, яка широко застосовується як дезінфікуючий та відбілюючий засіб. Якщо реакцію проводити при температурах вище 60°C , то продуктом реакції буде речовина **Ф**. При виробництві паперу **Ф** відновлюють за допомогою метанолу у присутності концентрованої сульфатної кислоти, при цьому утворюється газ **Г**, який застосовують для відбілювання целюлози, і найпростіша органічна кислота **Н**. Кількості речовини **Ф** та метанолу при цьому співвідносяться як 4:1. Речовина **Ф** також може бути використана для демонстраційного одержання газу **І**, який підтримує горіння і є компонентом атмосферного повітря. Так, у присутності каталізатору - манган(IV) оксиду - 10 г речовини **Ф** розкладається з утворенням речовини **В** та 3,16 л газу **І** за н.у. За відсутності каталізатору продуктами розкладу речовини **Ф** будуть солі **В** та **Ж**.

1.3. Визначте сполуки **Е-Л**. Враховуйте, що **Е**, **Ф** та **Ж** мають однаковий якісний, але різний кількісний склад. **Запишіть** рівняння реакцій, що були згадані.

З опису умови зрозуміло, що газ **І** – кисень, найпростіша органічна кислота **Н** – мурашина кислота.

$\omega(\text{O})$ у **Ф** дорівнює $\frac{3,16 \cdot 32}{22,4} = 45.14\%$, **Ф** - NaClO_3 , тоді **Ж** - NaClO_4

При електролізі NaCl буде утворюватись NaClO (**Е**) або NaClO_3 при температурах вище 60°C

На окиснення метанолу до мурашиної кислоти потрібно відняти чотири електрони:



Оскільки відношення NaClO_3 до CH_3OH 4:1, то ступінь окиснення хлору буде зменшуватись на 1, буде утворюватись газ ClO_2 (**Г**)

E – NaClO	F - NaClO ₃	G - ClO ₂
H – HCOOH	I - O ₂	J - NaClO ₄
B → E (електроліз) $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaClO} + \text{H}_2$		
B → F (електроліз) $\text{NaCl} + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaClO}_3 + 3 \text{H}_2$		
D → E $2 \text{NaOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$		
D → F $6 \text{NaOH} + 3 \text{Cl}_2 \rightarrow 5 \text{NaCl} + \text{NaClO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$		
F → G $4 \text{NaClO}_3 + \text{CH}_3\text{OH} + 4 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 4 \text{ClO}_2 + \text{HCOOH} + 4 \text{NaHSO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O}$		
F → I $2 \text{NaClO}_3 \rightarrow 2 \text{NaCl} + 3 \text{O}_2$		
F → J $4 \text{NaClO}_3 \rightarrow \text{NaCl} + 3 \text{NaClO}_4$		

Сіль **J** також одержують за допомогою анодного окиснення водного розчину речовини **F**. Даний процес вимагає використання платинового аноду, оскільки внаслідок значного потенціалу окиснення на аноді може відбуватись певний побічний процес. Сіль **J** є дуже добре розчинною, що зумовлює її використання для одержання інших сполук з даним аніоном. Так, при реакції з речовиною **K**, яка містить 47,56% **X** за масою, утворюється осад малорозчинної сполуки **L**. Солі аніону речовин **J** та **L** широко застосовуються у піротехніці та в координаційній хімії.

2.4. Запишіть загальне рівняння електрохімічного одержання **J** і напівреакцію побічного процесу, що відбувається на аноді під час одержання солі **J**. Якщо ви не визначили речовину **J**, то запишіть загальне рівняння електрохімічного одержання KMnO_4 з водного розчину K_2MnO_4 і напівреакцію побічного процесу, що відбувається на аноді.

Рівняння електрохімічного одержання **J**: $\text{NaClO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaClO}_4 + \text{H}_2$
 $2\text{K}_2\text{MnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{KMnO}_4 + \text{H}_2 + 2\text{KOH}$

Побічне анодне окиснення: $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{H}^+ + \text{O}_2 + 2\text{e}$

2.5. Визначте сполуки **К** та **Л**.

К – KCl	Л - KClO₄
-----------------------	------------------------------------

2.6. Оберіть (підкресліть або обведіть) один або декілька правильних варіантів. Сполуки з аніоном солей **Ж** та **Л** застосовуються у піротехніці, тому що:

- а) вони забарвлюють полум'я у зелений колір,
- б) вони є сильними окисниками,**
- в) вони повністю згоряють під дією кисню повітря,
- г) вони забарвлюють полум'я у синій колір.

2.7. Розташуйте сполуки **Е**, **Ф**, **Ж** в ряд збільшення окиснювальної здатності.

(Слабший окисник) **NaClO₄** < **NaClO₃** < **NaClO** (Сильніший окисник)

Поясніть свій вибір, оберіть (підкресліть або обведіть) один або декілька правильних варіантів. Збільшення окиснювальної здатності в цьому ряду зумовлена:

- а) Стійкістю аніонів з більшою кількістю атомів Оксигену внаслідок екранування атомами Оксигену.
- б) Стійкістю аніонів з меншою кількістю атомів Оксигену внаслідок зменшення стеричного напруження.
- в) Зменшенням енергії зв'язку катіону і аніону.
- г) Делокалізацією заряду на аніонах.

Завдання 10.3. Структурні ізомери

Автор: Микола Пашко

Речовини **А**, **В** та **С** є структурними ізомерами, тобто вони мають однаковий склад, але різні за хімічною будовою. При спалюванні 3,51 г будь-якої з цих речовин утворюється 2,97 г води, 3,36 л вуглекислого газу та 0,336 л азоту (н.у.). Молярна маса речовин менша за 200 г/моль.

3.1. Визначте брутто формулу ізомерів **А**, **В** та **С**.

$$v(\text{C}) = 3.36/22.4 = 0.15 \text{ моль}$$

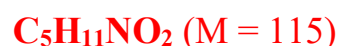
$$v(\text{H}) = 2 \cdot 2.97/18 = 0.33 \text{ моль}$$

$$v(\text{N}) = 2 \cdot 0.336/22.4 = 0.03 \text{ моль}$$

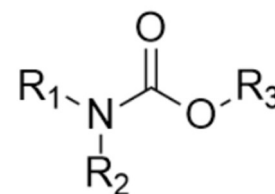
$m(\text{C}+\text{H}+\text{N}) = 0.15 \cdot 12 + 0.33 + 0.03 \cdot 14 = 2.55$ (менша за вихідну масу, отже в молекулі є кисень, що також очевидно з пункту 2)

$$v(\text{O}) = (3.51 - 2.55)/16 = 0.06 \text{ моль}$$

Кількості речовин С, Н, N, О відносяться як 5:11:1:2, отже брутто формула:



Відомо, що речовини **A** та **B** є карбаматами, тобто містять у своїй будові карбамойльний фрагмент NCOO, як зображено праворуч. Де R_1 та R_2 - алкіл, арил або гідроген, а R_3 - алкіл або арил.



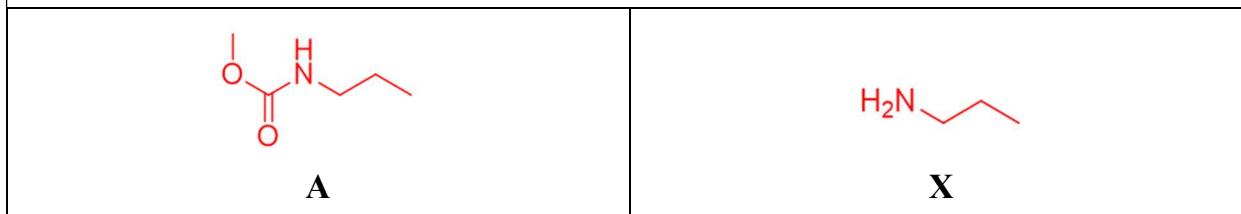
3.2. Намалуйте всі можливі карбамати з брутто формулою, визначеною у пункті 1.

При лужному гідролізі речовини **A** утворюється вуглекислий газ, метанол та речовина **X**. На титрування 0,500 г речовини **X** витрачається 16,95 мл 0,500 М водного розчину хлоридної кислоти. Відомо, що **X** має нерозгалужену будову.

3.3. Визначте структуру **A** та **X**.

Оскільки при гідролізі утворюється метанол, то замісник R_3 у формулі карбамата – метил. Речовина X є аміном

$$M(X) = 0.5 / (0.01695 * 0.5) = 59$$

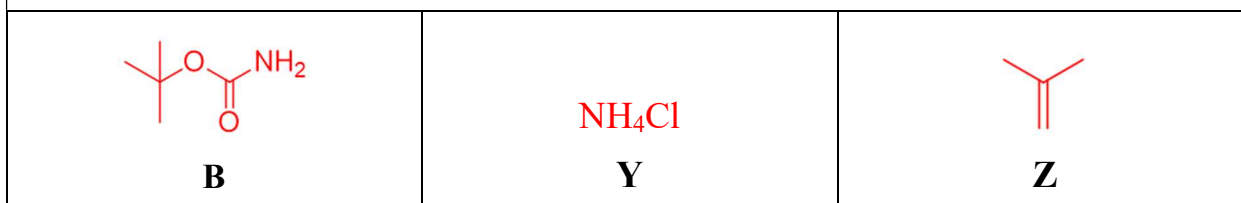


Речовина **B** є стійкою до дії лугу, але при взаємодії з хлоридною кислотою розкладається з утворенням вуглекислого газу, неорганічної солі **Y** ($\omega(\text{Cl}) = 66,36\%$) та газуватого вуглеводню **Z**, що знебарвлює бромну воду. В структурі речовини **B** присутні три метильні групи та один четвертинний атом Карбону.

3.4. Визначте структуру **B**, **Y** та **Z**.

Неорганічна сіль з $\omega(\text{Cl}) = 66,36\%$ - хлорид амонію, отже у формулі карбамата R_1 та R_2 – атоми Гідрогену

Вуглеводень **Z**, що знебарвлює бромну воду, є алкеном. Оскільки в структурі речовини **B** присутні три метильні групи та один четвертинний атом Карбону, в ній є трет-бутильний замісник, тоді **Z** – ізобутилен.

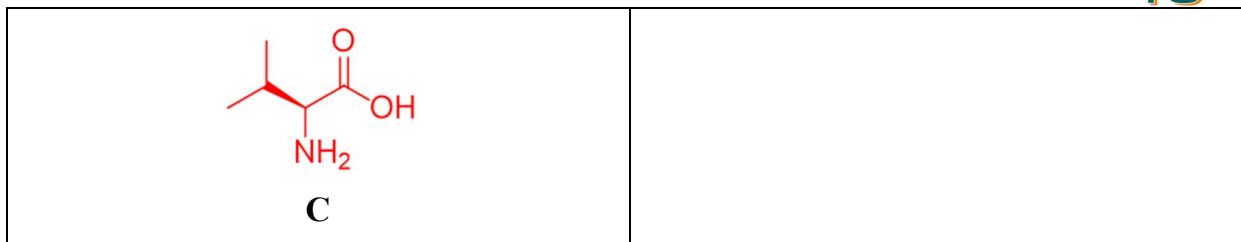


Сполука **C** має хіральний центр та є поширеною природною речовиною, яка входить до складу білків. Вона може бути відтитрована як хлоридною кислотою, так і натрій гідроксидом. А у спектрі ^1H ЯМР знятому у D_2O має три сигнали зі співвідношенням інтегральних інтенсивностей 6:1:1 (у D_2O атоми Гідрогену зі зв'язків N-H та O-H обмінюються на атоми Дейтерію, тому їх сигналів у спектрі не видно).

5.5. Визначте структуру **C**, зобразіть її з урахуванням стереохімії, якщо відомо що **C** є S-ізомером.

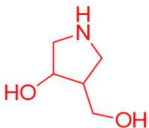
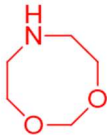
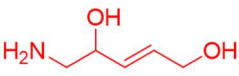
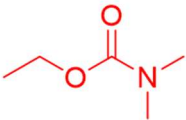
З опису очевидно, що **C** – амінокислота

сигнали зі співвідношенням інтегральних інтенсивностей 6:1:1 означають наявність двох однакових метильних груп та двох фрагментів C-H, три протони мають утворювати зв'язки N-H та O-H, а також в молекулі має бути хіральний центр



3.6. Наведіть по одному будь-якому ізомеру **A**, який буде відповідати наступним умовам (якщо такого ізомеру не існує, вкажіть це у полі для відповідей.):

- а) Ізомер, який буде мати два хіральні центри.
- б) Ізомер, який буде мати 8-ми членний цикл.
- в) Ізомер, який буде мати два цикли.
- г) Ізомер, який буде мати цис-, транс-ізомери.
- д) Ізомер, який не буде мати протонів, що обмінюються з D₂O.
- е) Ізомер, який буде ароматичним.

 <p>а</p>	 <p>б</p>	<p>Не існує</p> <p>в</p>
 <p>г</p>	 <p>д</p>	<p>Не існує</p> <p>е</p>

Приведені варіанти структур є одними з можливих варіантів

Завдання 10.4. Китайський ліхтарик

Автор: Валерія Маханькова

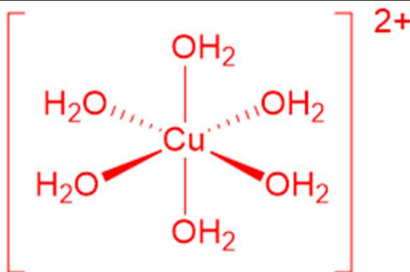
Часто забарвлення неорганічних солей та їх розчинів зумовлене утворенням комплексних сполук. Так, безводний сульфат купруму – безбарвна сіль, але, якщо її розчинити у воді, то утвориться світло-блакитний розчин за рахунок утворення аквакомплексу купруму.

При цьому кількість молекул розчинника, що безпосередньо зв'язується з йоном металу, визначається його координаційним числом (КЧ).

4.1 Наведіть формулу аквакомплексу купруму та зобразіть структуру цього комплексного йона, якщо координаційне число купруму в ньому дорівнює 6.

Формула: $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$

Структура:



4.2 Що у цьому йоні є центральним атомом, а що лігандом?

Центральний атом - Cu^{2+}

Ліганд - H_2O

4.3 Наведіть електронну формулу для Cu^{2+} . Який зв'язок утворюється між центральним атомом та лігандами?

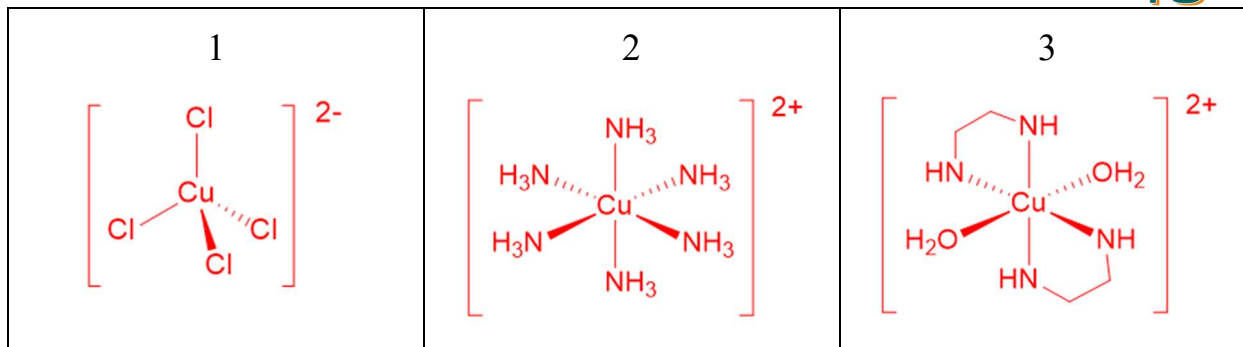
Електронна формула Cu^{2+} :
 $3d^9$

Тип зв'язку:
донорно-акцепторний

Якщо до водного розчину купрум(II) сульфату додати концентровану хлоридну кислоту, то забарвлення розчину зміниться на зеленувате, у випадку водного розчину амоніаку на блакитне, а етилендіаміну (en) – на синє.

4.4 Наведіть схеми реакцій, що описують дані перетворення та зобразіть геометричну будову отриманих комплексних аніонів, якщо відомо, що КЧ купруму змінилося лише у випадку додавання концентрованої хлоридної кислоти, а в реакцію з 1 еквівалентом йонів купруму вступає 4 еквіваленти хлорид-йонів, 6 еквівалентів амоніаку або 2 еквіваленти етилендіаміну?

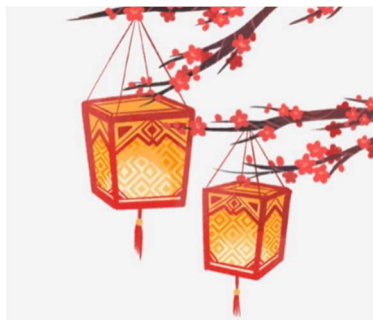
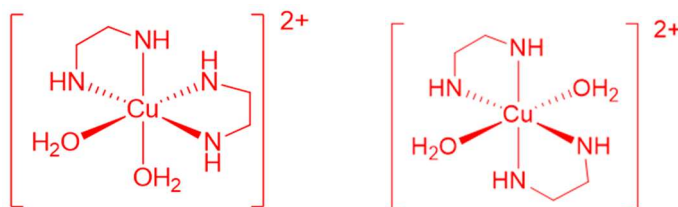
Реакції
1) $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} + 4\text{Cl}^- = [\text{CuCl}_4]^{2-} + 6\text{H}_2\text{O}$
2) $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} + 6\text{NH}_3 = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_6]^{2+} + 6\text{H}_2\text{O}$
3) $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} + 2\text{en} = [\text{Cu}(\text{en})_2]^{2+} + 6\text{H}_2\text{O}$
Будова комплексних аніонів



4.5 **Скільки** ізомерів може бути у комплексу купруму з етилендіаміном з пункту 3? **Зобразіть** їх структурні формули.

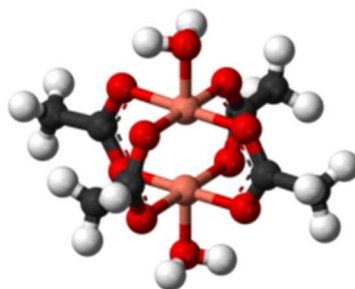
Кількість ізомерів: **2; цис-транс**

Структурні формули ізомерів:



Рентгеноструктурним дослідженням монокристала купрум(II) ацетату було встановлено, що ця сполука має загальну формулу $[\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{H}_2\text{O})]_2$ та димерну будову, а структура отримала назву «китайський ліхтарик» через свою схожість до традиційного китайського світильника.

4.6 **Намалюйте** структуру цього димеру, якщо відомо, що координаційне число купруму в ньому дорівнює 5, молекули води є лігандами, атоми Купруму не зв'язані між собою безпосередньо, а кожна карбоксильна група є «містком» між атомами металу.



Завдання 10.5. Фосфінові кислоти

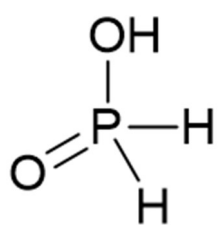
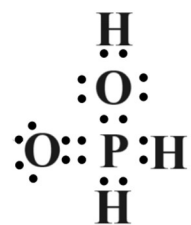
Автор: Сергій Рябухін

Фосфінові кислоти, які мають загальну формулу RH_2PO_2 , можна розглядати як похідні певної неорганічної кислоти **A**, де один з атомів Гідрогену замінено на вуглеводневий замісник.

5.1 Наведіть брутто-формулу цієї неорганічної кислоти **A**, її назву, **вказіть** ступінь окиснення фосфору та його валентність.

Брутто-формула A	H_3PO_2
назва A	гіпофосфітна (hydroxy-methyl-oxophosphanium за IUPAC)
ступінь окиснення фосфору	+1
валентність фосфору	5

5.2 Зобразіть графічну формулу кислоти **A**, а також її формулу Льюїса.

Графічна формула кислоти A	формула Льюїса
	

5.3 Яку геометричну будову має молекула **A**?

Тетраedr

Потенціометрично було визначено, що pK_a деякої фосфінової кислоти **B** з формулою RH_2PO_2 (де R – вуглеводневий замісник) дорівнює $pK_a = 2,31$.

5.4 Чому було визначено лише одне значення константи дисоціації?

Тому що B - одноосновна к-та

Наважку кислоти **B** масою 1,385 г розчинили у воді та довели об'єм розчину до 1000 мл. Для одержаного розчину виміряне значення рН = 2,15.

5.5 Визначте замісник R та наведіть назву кислоти **B**. При розрахунках враховуйте зміну концентрації протонованої форми кислоти **B** в результаті дисоціації.

Позначимо кислоту **B** як HA

$$HA = H^+ + A^- \quad K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \quad [H^+] = [A^-] = 10^{-2.15} = 7.08 \cdot 10^{-3}$$

$$[HA] = \frac{0.00708^2}{10^{-2.31}} = 0.01023$$

$$C_{\text{заг}}(\mathbf{B}) = [A^-] + [HA] = 0,01731$$

$$M(\mathbf{B}) = 1.385/0.01731 = 80 \text{ моль}$$

замісник R – метил

До 100,0 мл 0,010 М розчину кислоти **B** додали 0,024 г NaOH (зміною об'єму розчину після додавання лугу знехтувати).

5.6 Визначте рН утвореного розчину.

Утворюється буферний розчин, який містить 0,6 ммоль солі і 0,4 ммоль кислоти.

$$pH = pK_a + \lg \frac{C_{\text{солі}}}{C_{\text{кислоти}}}$$

$$pH = 2.31 + \lg(0.6/0.4) = 2.31 + 0.18 = 2.49$$

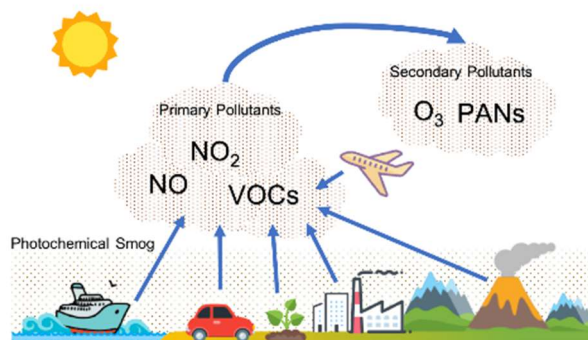
5.7 Як зміниться рН, якщо одержаний розчин розбавити водою в 2 рази?

Не зміниться, бо утвориться буферний розчин

Завдання 10.6. «Погані» оксиди азоту забруднюють атмосферу...

Автор: Іван Кона

Фотохімічний смог — це форма смогу, що характеризує забруднення атмосфери, при якому оксиди нітрогену та леткі органічні сполуки взаємодіють внаслідок дії сонячного світла, що сприяє серії фотохімічних реакцій, які призводять до утворення озону та інших вторинних забруднювачів — **фотооксидантів**.



Стандартні значення ентальпії $\Delta_f H^\circ$ та ентропії S° утворення для деяких із «поганих» оксидів нітрогену та O_2 і O_3 наведено в таблиці.

	$\Delta_f H^\circ$, кДж/моль	S° , Дж/(К·моль)
$NO_{2(r)}$	33,18	240,1
$NO_{(r)}$	90,25	210,8
$O_{2(r)}$	-	205,1
$O_{3(r)}$	142,71	238,9

Під час розрахунків вважайте, що зміна ентальпії та ентропії реакцій не залежать від температури.

6.1. Зобразіть структури основних оксидів нітрогену (NO , NO_2 та N_2O_4), які є причиною утворення фотохімічного смогу, а також структуру озону O_3 .

NO	NO_2	N_2O_4	O_3
$N \equiv O$			

6.2. Розрахуйте зміни ентальпії та вільної енергії Гіббса при $25^\circ C$ для утворення $NO_{2(r)}$ з $NO_{(r)}$ (реакція 1) та утворення O_3 з $NO_{2(r)}$ та O_2 (реакція 2).

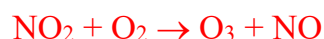
Якщо Вам не вдалося розрахувати зміни вільної енергії Гіббса, вважайте їх рівними для 1-ї та 2-ї реакцій -40 кДж/моль та 180 кДж/моль відповідно.



$$\Delta_f H^\circ = \Delta_f H^\circ(\text{NO}_2) - \Delta_f H^\circ(\text{NO}) = 33,18 - 90,25 = -57,07 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta_r S^\circ = S^\circ(\text{NO}_2) - S^\circ(\text{NO}) - \frac{1}{2}S^\circ(\text{O}_2) = 240,1 - 210,8 - \frac{1}{2} \cdot 205,1 = -73,25 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)}$$

$$\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T \cdot \Delta_r S^\circ = -57070 - 298 \cdot (-73,25) = -35242 \text{ Дж/моль} = -35,24 \text{ кДж/моль}$$



$$\Delta_r H^\circ = \Delta_f H^\circ(\text{NO}) + \Delta_f H^\circ(\text{O}_3) - \Delta_f H^\circ(\text{NO}_2) = 90,25 + 142,7 - 33,18 = 199,77 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta_r S^\circ = S^\circ(\text{NO}) + S^\circ(\text{O}_3) - S^\circ(\text{NO}_2) - S^\circ(\text{O}_2) = 210,8 + 238,9 - 240,1 - 205,1 = 4,50 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)}$$

$$\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T \cdot \Delta_r S^\circ = 199770 - 298 \cdot (4,50) = 201111 \text{ Дж/моль} = 201,1 \text{ кДж/моль}$$

$\Delta_r H^\circ(\text{реакції 1}) =$ $-57,07 \text{ кДж/моль}$	$\Delta_r G^\circ(\text{реакції 1}) =$ $-35,24 \text{ кДж/моль}$	$\Delta_r H^\circ(\text{реакції 2}) =$ $199,77 \text{ кДж/моль}$	$\Delta_r G^\circ(\text{реакції 1}) =$ $198,43 \text{ кДж/моль}$
---------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------

Якщо Вам не вдалося розрахувати зміни вільної енергії Гіббса, вважайте їх рівними для 1-ї та 2-ї реакцій -40 кДж/моль та 180 кДж/моль відповідно.

6.3. Обчисліть константи рівноваги реакцій 1 та 2 при $25,0$ °С.

$$K_p = \exp\left(\frac{-\Delta_r G^\circ}{RT}\right)$$

$$K_{p1} = \exp\left(\frac{35240}{8,314 \cdot 298}\right) = 1,5 \cdot 10^6$$

$$K_{p2} = \exp\left(\frac{-198430}{8,314 \cdot 298}\right) = 1,65 \cdot 10^{-35}$$

$$K_p(\text{реакції 1}) = 1,5 \cdot 10^6$$

$$K_p(\text{реакції 2}) = 1,65 \cdot 10^{-35}$$

6.4. Енергія, необхідна для перебігу реакції 2 надходить від сонячного світла. За допомогою отриманих даних з пункту 1 оцініть необхідну довжину хвилі світла, що здатне підтримувати реакцію та вказіть область спектра, що містить цю довжину хвилі.

Необхідна енергія для протікання реакції = зміна енергії Гіббса

$$E = \Delta_r G^\circ = 201,1 \text{ кДж/моль}$$

Конвертуємо дану енергію у Дж/молекулу:

$$\Delta_r G^\circ = \frac{201100 \text{ Дж/моль}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ молекул/моль}} = 3,34 \cdot 10^{-19} \text{ Дж/молекул}$$

Енергія одного фотону розраховується за формулою:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = 3,34 \cdot 10^{-19} \text{ Дж/молекулу}$$

Звідки довжина хвилі становить

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,34 \cdot 10^{-19}} = 596 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 596 \text{ нм}$$

Ця довжина хвилі належить видимому діапазону світла (помаранчевий колір)

6.5. Обчисліть рівноважний тиск NO_2 в атмосфері, якщо концентрація NO дорівнює $3,2 \cdot 10^{-16} \text{ М}$ при 298 К . Подайте Вашу відповідь у **мільярдних частках ppb** (1 ppb = 1 молю речовини в 10^9 молів суміші). Вміст кисню у повітрі вважайте сталим – 21% (за об'ємом), атмосферний тиск – 1 атм.

У цьому пункті враховуйте тільки перебіг реакцій 1 та 2.

$$p(\text{NO}) = c(\text{NO}) \cdot R \cdot T = 3,2 \cdot 10^{-16} \cdot 0,0821 \cdot 298 = 7,83 \cdot 10^{-15} \text{ атм}$$

Вважаємо, що реакція 2 майже не протікає (бо має високе значення енергії Гіббса), то враховуємо тільки рівновагу реакції 1: $\text{NO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2$

$$K_p = \frac{p(\text{NO}_2)}{p(\text{NO}) \cdot p^{0,5}(\text{O}_2)} = 1,5 \cdot 10^6$$

Так як вміст кисню у повітрі постійний, отже його тиск також постійний та становить:

$$p(\text{O}_2) = \varphi \cdot p(\text{атм}) = 0,21 \cdot 1 = 0,21 \text{ атм}$$

Отже вираз для K_p набуває вигляду:

$$K_p' = \frac{p(\text{NO}_2)}{p(\text{NO})} = p^{0,5}(\text{O}_2) \cdot 1,5 \cdot 10^6 = 6,87 \cdot 10^5$$

Звідси тиск NO_2 становить:

$$p(\text{NO}_2) = K_p' \cdot p(\text{NO}) = 6,87 \cdot 10^5 \cdot 7,83 \cdot 10^{-15} = 5,38 \cdot 10^{-9} \text{ атм}$$

У мільярдних частках відповідь становить 5,38 ppb.

$$p(\text{NO}_2) = 5,38 \text{ ppb}$$

Частина утвореного нітроген (IV) оксиду димеризується. Для дослідження рівноваги цієї реакції було проведено експеримент, в результаті

якого було розраховано константи рівноваги при двох різних температурах: при 80°C константа рівноваги дорівнює 0,100 бар⁻¹, а при 100°C – 0,035 бар⁻¹.

6.6. Розрахуйте зміни ентальпії $\Delta_r H^\circ$, ентропії $\Delta_r S^\circ$ та вільної енергії $\Delta_r G^\circ$ при 298 K для реакції димеризації NO₂.

Рівняння ізобари Вант-Гоффа:

$$\ln\left(\frac{K_{p2}}{K_{p1}}\right) = \frac{\Delta_r H}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) \rightarrow \Delta_r H = \frac{8,314 \cdot \ln\left(\frac{0,035}{0,1}\right)}{\left(\frac{1}{353} - \frac{1}{373}\right)} = -57,46 \text{ кДж/моль}$$

Зміна енергії Гібса реакції при 373 K:

$$\Delta_r G(373 \text{ K}) = -RT \cdot \ln(K_{p2}) = -8,314 \cdot 373 \cdot \ln(0,035) = 10,40 \text{ кДж/моль}$$

Тоді зміна ентропії реакції становить:

$$\Delta_r S = \frac{\Delta_r H - \Delta_r G(373 \text{ K})}{T} = \frac{-57460 - 10400}{373} = -181,9 \text{ Дж/(K} \cdot \text{моль)}$$

Зміна енергії Гібса реакції при 298 K:

$$\Delta_r G(298 \text{ K}) = \Delta_r H - T \cdot \Delta_r S = -57460 + 298 \cdot 181,9 = -3,24 \text{ кДж/моль}$$

$\Delta_r H^\circ =$ -57,46 кДж/моль	$\Delta_r S^\circ =$ -181,9 Дж/(K·моль)	$\Delta_r G^\circ(298 \text{ K}) =$ -3,24 кДж/моль
-----------------------------------------	--------------------------------------------	-------------------------------------------------------

6.7. Нижче наведені деякі факти стосовно впливу оксидів нітрогену на атмосферу. **Вкажіть**, чи дане твердження правильне/неправильне (позначте × у відповідному полі).

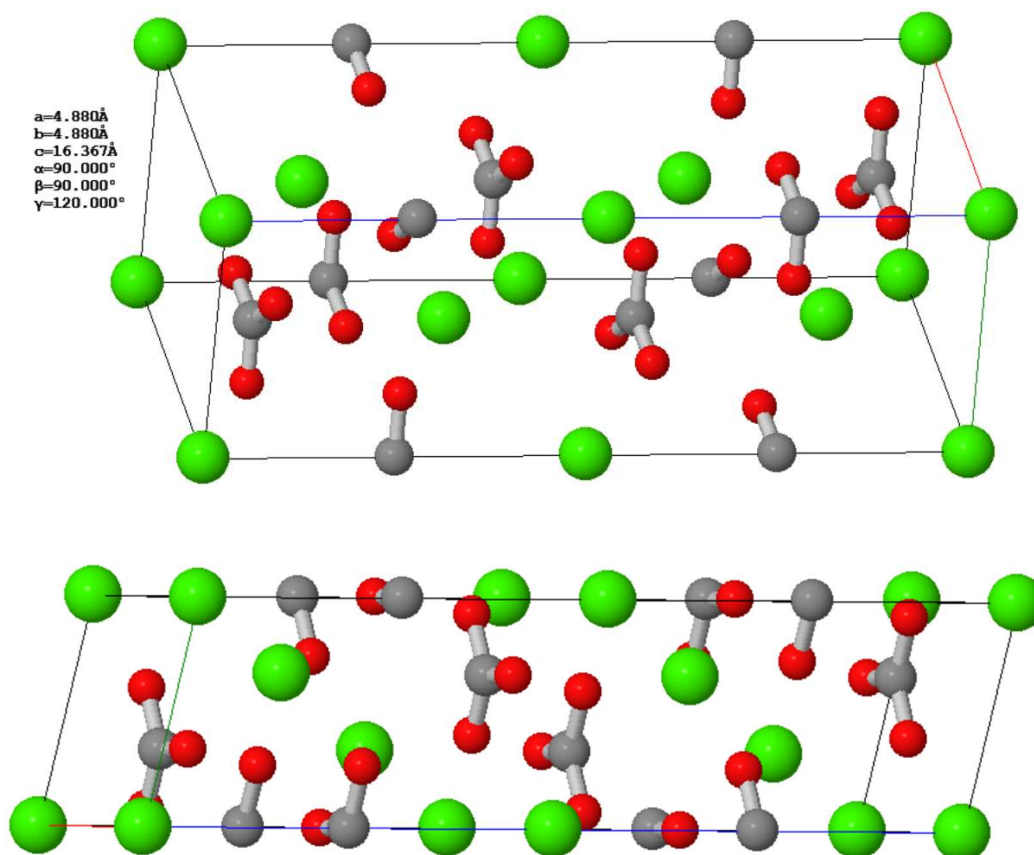
Твердження	Так	Ні
Рівновага у реакції утворення нітроген(IV) оксиду при дії озону на нітроген(II) оксид майже на 100 % зміщена в бік утворення продуктів, тому теоретично ця реакція може бути використана в якості методу визначення концентрації нітроген(II) оксиду в повітрі.	×	
Якщо атмосферна температура підвищиться до 43°C, то нова концентрація NO ₂ , що утворюється в результаті перетворення N ₂ O ₄ , може перевищити допустиму межу у 53 ppb.		×
Відомо, що зміна енергії Гіббса для утворення NO ₂ з простих речовин дорівнює +51,84 кДж/моль. Тобто, більша частина		×

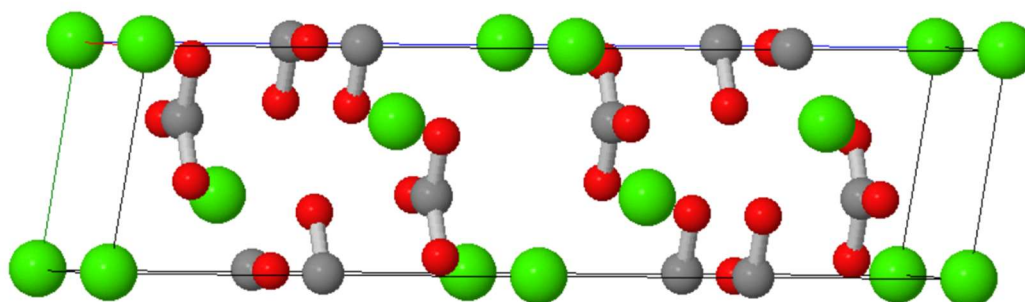
утвореного NO_2 буде розпадатися на O_2 та N_2 , отже вплив NO_2 на екологію незначний.		
Взимку вміст димеру NO_2 у повітрі більший, ніж улітку.	×	
Відомо, що в результаті фотолізу NO_2 розпадається, а утворений атомарний Оксиген у реакції з молекулярним киснем утворює озон. Отже, більший викид оксидів нітрогену у повітря може допомогти відновити частину озонового шару		×

Завдання 10.7. Група доломіту

Автор: Костянтин Гавриленко

I. Кутнагорит. Кутнагорит — рідкісний карбонатний (містить карбонат-аніон) мінерал групи доломітів, названий у 1901 році на честь місця його перших знахідок біля м. Кутна Гора в Чехії. В ідеальному випадку до складу мінералу входять два метали у співвідношенні 1:1. На рисунку зображено елементарну комірку кутнагориту та вказані її параметри:





7.1. Визначте тип та розрахуйте об'єм елементарної комірки кутнагориту (для довідки: площа рівностороннього трикутника $S = a^2 \frac{\sqrt{3}}{4}$).

Тип елементарної комірки: **тригональна / гексагональна**

$$V = c * 2S = 1,6367 * 2 * 0,488^2 * 3^{1/2} / 4 = 0,3376 \text{ нм}^3$$

Об'єм елементарної комірки: **0,3376 нм³**

7.2. Визначте формулу кутнагориту та розрахуйте, скільки його формульних одиниць входить до складу елементарної комірки (зеленим кольором позначено обидва метали, які в мінералі в хаотичному порядку займають зазначені позиції).

Склад елементарної комірки:

$$(M1+M2): 4 + 8/8 + 4/4 = 6$$

$$C: 4 + 8/4 = 6$$

$$O: 14 + 8/2 = 18$$

Склад елементарної комірки: $(M1+M2)_6C_6O_{18}$

Формула $M1M2(CO_3)_2$, до елементарної комірки входять 3 формульних одиниці мінералу.

Формула кутнагориту: $M1M2(CO_3)_2$

n формульних одиниць = 3

7.3. Визначте метали, які входять до складу кутнагориту, якщо його густина дорівнює $3,17 \text{ г/см}^3$, а різниця відносних атомних мас металів, які його складають, дорівнює 15 а.о.м. (Якщо ви не змогли визначити об'єм та склад елементарної комірки, використовуйте наступні значення: об'єм – $0,1125 \text{ нм}^3$, кількість формульних одиниць – 1).

$$M(\text{кутнагориту}) = \rho V_{\text{ком}} N_A / N = 3,17 * 0,3376 * 10^{-21} * 6,02 * 10^{23} / 3 = 214,7 \text{ г/моль}$$

Нехай атомні маси металів дорівнюють x та y , тоді:

$$x + y = 94,7$$

$$x - y = 15, \text{ звідки}$$

$$y = 39,9 \cong 40 \text{ (метал – Ca), а } x = 55 \text{ (метал – Mn)}$$

Метали: **Ca, Mn**

II. Анкерит. Інший мінерал групи доломіту – Анкерит, зазвичай містить три метали у своєму складі. Розчинення зразку мінералу в хлоридній кислоті дало лише слабо зеленуватий розчин з яким було проведено низку якісних реакцій. Було визначено, що:



i) при додаванні до цього розчину червоної кров'яної солі відбувалося утворення осаду синього кольору.

ii) Додавання розчину натрій сульфату призводило до утворення безбарвного кристалічного осаду.

iii) Додавання надлишку вапняної води призводило до утворення осаду, який є сумішшю двох речовин. Причому ця суміш темнішала на повітрі.

iv) Додавання розчину натрій роданіду не змінювало колір цього розчину.

v) Якщо ж підкислений розчин прокип'ятити з гідроген пероксидом, то отриманий розчин при додаванні натрій роданіду набував криваво-червоного забарвлення.

7.4. Наявність якого металу можна припустити на підставі якісних реакцій iv) – v)? **Запишіть рівняння** відповідних реакцій в іонній формі та вкажіть кольори сполук, про які йдеться в тексті.

Метал: **Залізо(II)**

Реакція: $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$

Колір сполуки: **утворюється розчин FeCl_3 бурого кольору**

Реакція: $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{SCN})_3 \downarrow$

Колір сполуки: **криваво-червоний осад (також приймаються будь-які комплексні, водорозчинні частки).**

Для визначення кількісного складу зразок анкериту масою 1,920 г повністю розчинили в нітратній кислоті. До утвореного розчину додали надлишок NaHCO_3 . Суміш трьох речовин **А**, **Б** та **В** відфільтрували, промили водою та розчинили в хлоридній кислоті. Цей розчин нагріли до $70-80^\circ\text{C}$, та обережно нейтралізували розчином амоніаку до $\text{pH} = 5$. При цьому утворився бурий осад речовини **В**, який відфільтрували, висушили та прожарили до сталої маси при 500°C . Маса речовини **Г**, яка при цьому утворилася, складала 0,270 г. Безбарвний розчин після відділення речовини **В** підкислили хлоридною кислотою, змішали з розчином амоній оксалату, нагріли майже до кипіння та повільно нейтралізували розчином амоніаку за індикатором метиловим оранжевим. Після охолодження залишок моногідрату речовини **Д** відфільтрували та прожарили до сталої маси при 800°C . Залишок після прожарювання розчинили в мінімальній кількості сульфатної кислоти, випарили та висушили на полум'ї газового пальника до сталої маси. Маса речовини **Е**, яка при цьому утворилася, складала 1,360 г (вміст Оксигену 47,06% за масою). Розчин після відділення речовини **Д** випарили та прожарили при 650°C до сталої маси. При цьому утворилася бінарна речовина **Ж** масою 0,300 г. Її розчинили в хлоридній кислоті та довели об'єм розчину до 100 мл. На титрування аліквоти 10 мл цього розчину було витрачено 15,00 мл розчину «трилону Б» концентрацією 0,05М.

7.5. Визначте всі зашифровані речовини та метали, які входять до складу анкериту, якщо прожарювання речовини **Б** веде до утворення речовини **Ж**.

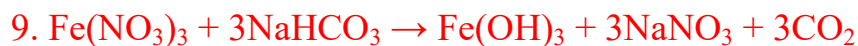
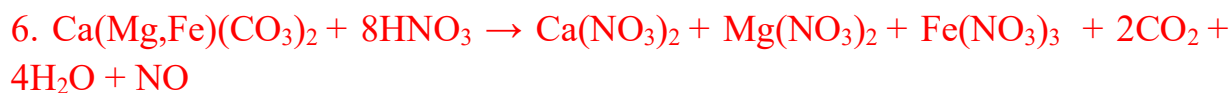
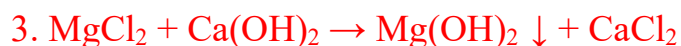
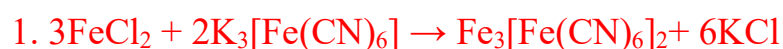
Відповідно до опису сполука Г – Fe₂O₃. Відповідно В – Fe(OH)₃.

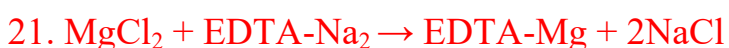
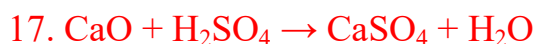
Сполука Е, ймовірно, сульфат. Mw(E) = 64/47.06 = 136 г/моль, якщо метал двовалентний. Тоді Е – CaSO₄. Д – моногідрат оксалату кальцію CaC₂O₄×H₂O. Відповідно А – CaCO₃.

Трилон Б, зазвичай реагує з металами у співвідношенні 1:1, тоді Mw(Ж) = 0,3*0,01/0,05*0,015*0,1 = 40 г/моль, відповідно Ж (це оксид – бінарна речовина) – MgO, а Б – MgCO₃.

А CaCO ₃	Б MgCO ₃	В Fe(OH) ₃	Г Fe ₂ O ₃	Д CaC ₂ O ₄ ×H ₂ O
Е CaSO ₄	Ж MgO	М2 Ca	М2 Mg	М3 Fe

7.6. Запишіть рівняння, згадані в пп. і) – ііі) та в описі кількісного визначення складу анкериту.





7.7. **Розрахуйте** вміст кожного з металів в анкериті. Вважайте, що всі описані перетворення проходять кількісно.

$$W(\text{Ca}) = 1,36 \cdot 40 / (136 \cdot 1,92) \cdot 100 \% = 20,83 \%$$

$$W(\text{Mg}) = 0,3 \cdot 24 / (40 \cdot 1,92) \cdot 100 \% = 9,375 \%$$

$$W(\text{Fe}) = 0,27 \cdot 2 \cdot 56 / (160 \cdot 1,92) \cdot 100 \% = 9,843 \%$$

10 клас. II тур

Завдання 10.1. Залізнi ігри

Автор: Тетяна Друженко

Оксид феруму А масою 1,000 г розчинили у надлишку розведеної сульфатної кислоти і довели об'єм розчину до 100 мл. Одержаний розчин розділили на дві рівні частини по 50 мл – одну відтитрували 0.1 н. розчином калій перманганату, а до другої додали індикатор (зادля точного визначення точки еквівалентності), і відтитрували розчином Трилону Б з концентрацією 0,5 моль/л. Розчину калій перманганату на титрування витратили 21,6 мл, а Трилону Б – 13,0 мл.

1.1. Яку молярну концентрацію має 0,1 н. розчин KMnO_4 ?

KMnO_4 відновлюється до Mn^{2+} , кількість еквівалентів марганцю дорівнює 5
 $C = C_{\text{н}}/5 = 0,1/5 = 0,02 \text{ М}$

1.2. Запишіть рівняння взаємодії FeSO_4 з KMnO_4 у розведеній сульфатній кислоті.



1.3. Визначте кількість речовини йонів Fe^{2+} в 1,000 г оксиду А.

$$n(\text{Fe}^{2+}) = 2 * 0,1 * 0,0216 = 4,32 * 10^{-3} \text{ моль}$$

$$n(\text{Fe}^{2+}) = 4,32 \text{ ммоль}$$

1.4. Трилон Б, або ж динатрієва сіль етилендіамінтетраоцтової кислоти, має структурну формулу, зображену в таблиці нижче. **В якому молярному співвідношенні** Трилон Б реагує з йонами Fe^{2+} та Fe^{3+} , якщо відомо, що в обох комплексах атом Феруму є гексакоординованим, тобто містить в своєму оточенні 6 інших атомів, що утворюють σ -зв'язки?

	Fe^{2+}	Fe^{3+}
	1:1	1:1

1.5. Визначте загальну кількість речовини йонів Феруму в 1.000 г оксиду.

$$n(\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}) = 2 * 0,5 * 0,013 = 0,013 \text{ моль}$$

$$n(\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}) = 13,0 \text{ ммоль}$$

1.6. Визначте формулу оксиду А.

$$n(\text{Fe}^{2+}) = 4,32 \text{ ммоль}$$

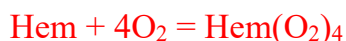
$$n(\text{Fe}^{3+}) = 13 - 4,32 = 8,68 \text{ ммоль}$$

$$n(\text{Fe}^{2+}):n(\text{Fe}^{3+}) = 1:2$$

Оксид – $\text{FeO} * \text{Fe}_2\text{O}_3$ (Fe_3O_4)

Ферум є одним з найважливіших мікроелементів, адже входить до складу гемоглобіну. Гемоглобін (Hb) – це білок крові, функція якого полягає у постачанні організму кисню і виведенні вуглекислого газу. Він міститься в еритроцитах – червоних кров'яних тільцях.

- 1.7. Відомо, що одна молекула гемоглобіну містить чотири атоми Феруму, тож зв'язує чотири молекули кисню. **Оцініть** молярну масу гемоглобіну, якщо 1,00 г цього білка здатен поглинути 1,38 мл (н. у.) кисню.



$$v(\text{O}_2) = 0.00138/22.4 = 6.16 \cdot 10^{-5}$$

$$v(\text{Hem}) = 1.54 \cdot 10^{-5}$$

$$M(\text{Hem}) = 1/1.54 \cdot 10^{-5} = 64900 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Hb}) = 64900 \text{ г/моль}$$

- 1.8. Для того, щоб стати донором крові, необхідно мати рівень гемоглобіну не нижче 125 г/л. Вважаючи, що об'єм крові людини становить 5 літрів, **розрахуйте** мінімальну масу феруму у крові потенційного донора. Масою феруму в інших білках, таких як феритин, знехтуйте.

$$\omega(\text{Fe}) = 55.85 \cdot 4/64900 = 3.44 \cdot 10^{-3} = 0.344\%$$

$$m(\text{Fe}) = 3.44 \cdot 10^{-3} \cdot 125 \cdot 5 = 2.15 \text{ г}$$

$$m(\text{Fe}) = 2.15 \text{ г}$$

- 1.9. Добова норма феруму у раціоні дорослої людини становить 18,0 мг. Використовуючи розрахунки з попереднього пункту задачі, **оцініть** час життя еритроцита.

Якщо людині кожного дня необхідно вживати 18 мг феруму, то кількість еритроцитів, що містить 18 мг феруму, щодня руйнується. Отже щоб оцінити час життя одного еритроцита необхідно загальну кількість феруму поділити на кількість феруму, що витрачається щодня.

$$t = 2.15/0.018 = 119 \text{ діб}$$

$$t = 119 \text{ діб}$$

1.10. Об'єм крові, який донор може здати за раз без шкоди для здоров'я – 450 мл. Вміст феруму в морській капусті складає 16,0 міліграмів на 100 грамів продукту. **Оцініть** масу морської капусти, яку потрібно з'їсти для компенсації втрати феруму під час здачі крові. Вважайте, що ферум засвоюється повністю.

$$m(\text{Fe}) \text{ здано} = (0,450/5) * 2,15 = 0,1935 \text{ г}$$

Знайдемо кількість морської капусти в якій буде 0,1935 г феруму:

$$m \text{ (кг)} = (0,1935/0,016) * 0,1 = 1,2 \text{ кг}$$

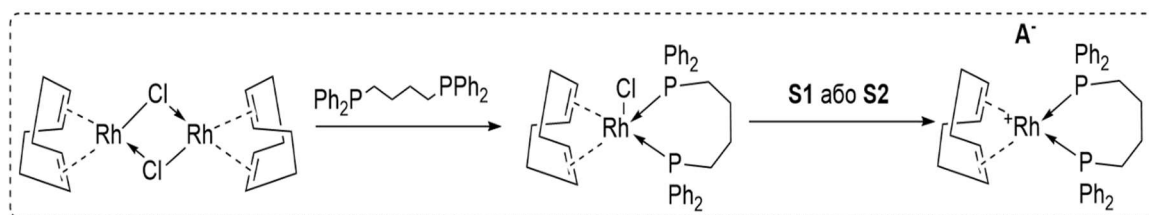
$$m = 1,2 \text{ кг}$$

Завдання 10.2. Некоординаційна хімія

Автор: Микита Іваниця

До цього ми вже познайомились з перхлоратом натрію, одним з важливих застосувань якого є отримання інших перхлоратів - сполук з аніоном, який не координується до атому металу. Наприклад, одним з суттєвих покращень каталізатору Вілкінсона, який застосовується для гомогенного гідрування алкенів, є заміна хлориду на некоординуючий аніон. Проте у перхлорат аніону є недолік, який суттєво обмежує одержання і використання відповідних комплексів у значних кількостях.

В каталізі широко застосовуються комплекси родію з іншими некоординуючими аніонами **A1** та **A2**, які одержують за допомогою солей **S1** та **S2**. Обидві солі містять атоми елементу **X**, і для їх одержання застосовується двохатомна кислота **K**, розчини якої можна зберігати та використовувати тільки у тефлоновій тарі. Загальна схема отримання каталізатору Вілкінсона з такими аніонами зображена нижче:



При додаванні концентрованої хлоридної кислоти до природного мінералу бури, який має склад $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, утворюється слабка

одноосновна кислота **В**. При додаванні **В** до 40%-го розчину кислоти **К** утворюється сильна кислота **С**. Нейтралізацією одержаного розчину за допомогою натрій гідроксиду одержують сіль **S1**. Так, зі 100 г бури можна одержати 115,16 г **S1**.

Продукт повного згоряння білого фосфору **Д** розчиняється у концентрованій кислоті **К** з утворенням речовини **Е**. До цього розчину додають сполуку **Ф**, яку одержують взаємодією кислоти **К** з КОН, і з розчину випадають кристали солі **S2**. Вміст елементу **Х** збільшується з 48,65% в **Ф** до 61,94% в **S2**.

2.1. Виберіть (підкресліть або обведіть) один або декілька правильних варіантів. Який основний недолік зберігання і використання комплексів-перхлоратів?

а) Використання аніонів перхлорату суттєво збільшує вартість комплексів.

б) Використання аніонів перхлорату у каталізаторі Вілкінсона зменшує селективність відновлення.

в) Такі комплекси є вибухонебезпечними, якщо присутні ліганди органічної природи.

г) При тривалому зберігання аніон перхлорату може окиснювати родій.

2.2. Розшифруйте елемент **Х**, солі **S1** та **S2**, а також сполуки **В-Ф** та **К**.

Знайдемо масову частку бору в речовині **S1**:

$$\omega(\text{B}) \text{ у } \text{S1} = \frac{100 \cdot (\omega(\text{B}) \text{ у } \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{ }_2\text{O})}{115.16} = \frac{100 \cdot \frac{10.81 \cdot 4}{381.24}}{115.16} = 0.0985 = 9.85\%$$


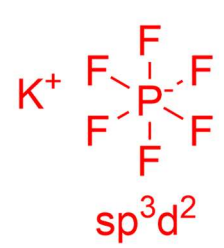
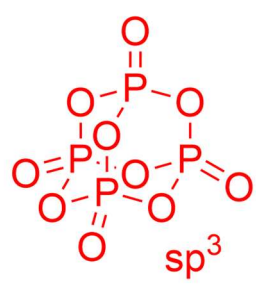
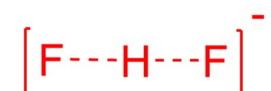
Можемо виразити молярну масу **S1**: $M(\text{S1}) = \frac{115.16}{\left(\frac{115.16 \cdot 0.0985}{10.81 \cdot n}\right)}$, де n – кількість атомів бору в молекулі **S1**.

Відомо, що сіль **S1** містить елемент **Х** та натрій (оскільки отримується з гідроксиду натрію), елемент **Х** також повинна містити кислота **К**. Оскільки розчини кислоти **К** можна зберігати та використовувати тільки у тefлоновій тарі, можливо це HF, а елемент **Х** – F. При $n = 1$ $M(\text{S1}) = 109.75$, що відповідає NaBF_4 , тоді **С** - HBF_4 .

Продукт повного згоряння білого фосфору **Д** - P_4O_{10} . **Ф** – сіль, що утворюється при взаємодії HF з КОН, 48,65% флуору відповідає KHF_2 . З умови очевидно, що сіль **S2** складається з калію, фосфору та флуору, 61,94% флуору відповідає KPF_6 . Тоді

E - H₂PO₄⁻				
X - F		S1 - NaBF₄		S2 - KPF₆
B - H₃BO₃	C - HBF₄	D - P₄O₁₀	E - H₂PO₄⁻	F - KHF₂

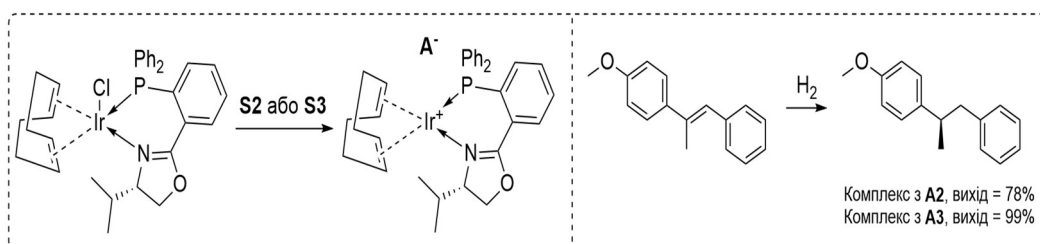
2.3. Для сполук **S1**, **S2**, **D** та **F** зобразіть їх будову, вкажіть геометрію їх молекул та гібридизацію некінцевих атомів.

S1	S2	D	F
			
Геометрія: тетраedr	Геометрія: октаedr	Геометрія: тетраedr	Геометрія: лінійна
Гібридизація: sp ³	Гібридизація: sp ³ d ²	Гібридизація: sp ³	Гібридизація: -

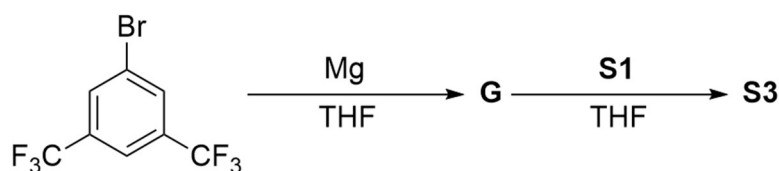
2.4. Наведіть рівняння реакції, що пояснює, чому кислота **B** – одноосновна, а також зобразіть будову аніону кислоти **B**. Якщо ви не змогли визначити кислоту **B**, то наведіть рівняння і зобразіть будову аніону для H₃PO₂.



Будова аніону:

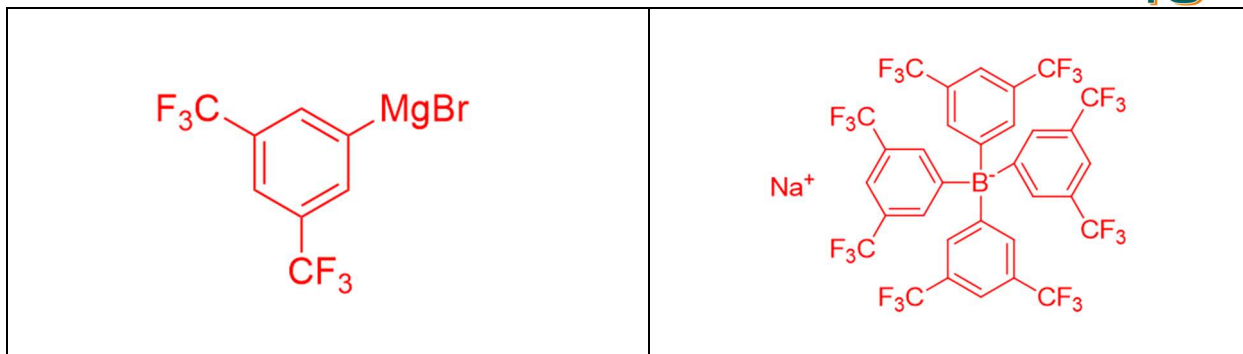


Проте в деяких випадках навіть використання аніонів **A1** та **A2** недостатньо. Так, при використанні комплексу іридію в гідруванні органічних сполук було виявлено, що за допомогою каталізатору з аніоном **A2** неможливо досягти виходу цільової сполуки вище 78%. Це пояснюється утворенням занадто міцних йонних пар аніону з інтермедіатами каталітичного циклу. Тому було одержано комплекс іридію з аніоном **A3**, з використанням якого вдалось отримати цільову речовину з майже кількісним виходом. Комплекс з аніоном **A3** було одержано за допомогою солі **S3**, яку синтезували за наступною схемою:



2.5. Наведіть структурні формули речовин **G** та **S3**, якщо вміст Mg в **G** = 7,66%, вміст X в **S3** - 51,46%, а **S3** має будову як **S1**, тільки на місці атомів X знаходяться арильні замісники.

G	S3
----------	-----------



Завдання 10.3. Знову про ізомери

Автор: Олександр Кудрик

При спалюванні 1,76 г деякої органічної сполуки **X** (містить С, Н та О) утворилася суміш газів об'ємом 3,584 л (н.у.). При пропусканні цієї суміші через вапняну воду утворився осад масою 8,0 г.

3.1. Встановіть брутто-формулу сполуки **X. Підтвердіть розрахунком.**

$$v(\text{C}) = 8,0/100 = 0,08 \text{ моль}$$

$$v(\text{H}) = (3,584/22,4 - 0,08)*2 = 0,16 \text{ моль}$$

$$v(\text{O}) = (1,76 - 0,08*12 - 0,16*1)/16 = 0,04 \text{ моля}$$



Відомо, що сполука **X** містить 4 атоми Карбону, не реагує з 2,4-динітрофенілгідразином та розчином лугу, а розчин цієї сполуки має нейтральний рН. При взаємодії з натрієм або натрій гідридодом в інертному розчиннику спостерігається виділення газу. Зауважте, що описані далі в задачі ізомери **X**₁, **X**₂, **X**₃, **X**₄ також відповідають цим умовам.

3.2. Оберіть (підкресліть або обведіть) правильний варіант. До якого класу органічних сполук належить **X**?

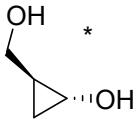
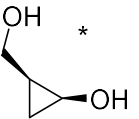
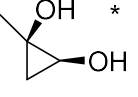
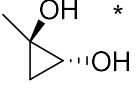
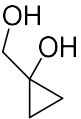
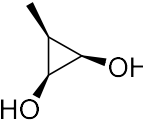
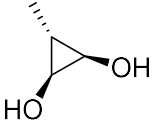
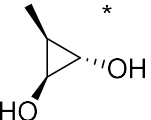
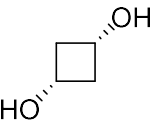
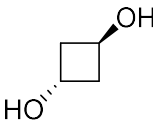
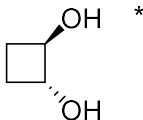
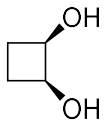
- a) Альдегіди
- b) Кетони
- c) Карбонові кислоти

d) Спирти

e) Естери

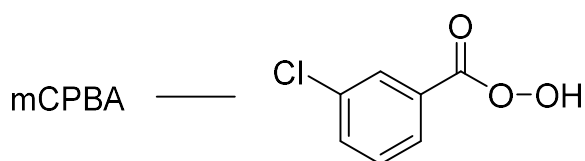
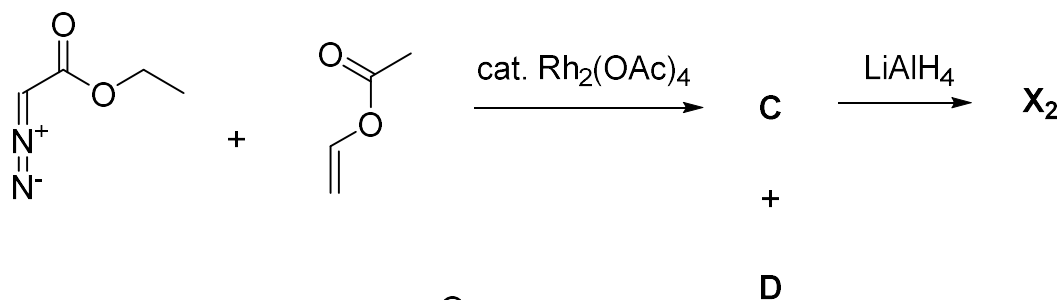
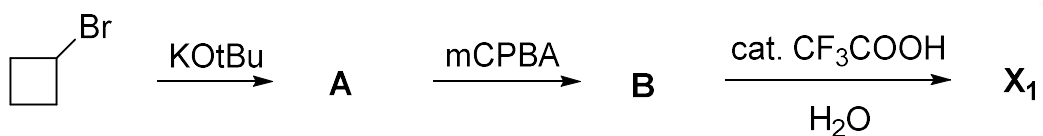
f) Етери

3.3. Зобразіть всі можливі ізомери **X**, що відповідають описаним вище властивостям та мають у своїй будові карбоцикл (циклопропан або циклобутан), з врахуванням стереохімії.

Для речовин, що можуть існувати як різні діастереомери, зобразіть кожен із них. Для речовин, що існують у вигляді пари енантіомерів, зобразіть один із них і поставте біля сполуки знак *.

Нижче наведені схеми синтезу двох ізомерів **X**: **X₁** та **X₂**.



3.4. Зобразіть структури невідомих сполук із врахуванням стереохімії. Відомо, що сполука **C** – транс-ізомер; сполука **X₁** не має площини симетрії, але має вісь симетрії 2-го порядку.

A 	B 	C
D 	X₁ 	X₂

3.5. Які твердження стосовно реакції утворення **X₁ вірні? Оберіть (підкресліть або обведіть) один або декілька правильних варіантів.**

- a) Реакція відбувається стереоспецифічно.
- b) Реакція відбувається енантіоселективно.

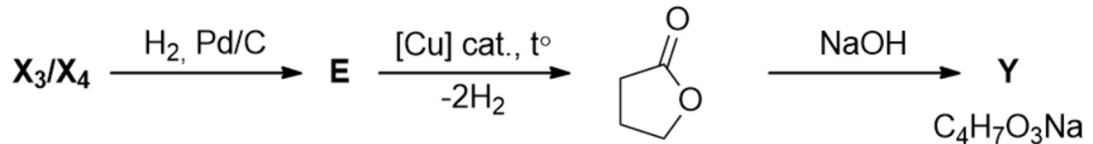
с) В результаті реакції утворюється суміш діастереомерів.

d) В результаті реакції утворюється суміш енантіомерів.

е) Реакція проходить за механізмом S_N1 .

f) Реакція проходить за механізмом S_N2 .

Два інші ізомери X_3 та X_4 можуть бути перетворені на сполуку Y , що використовується для лікування нарколепсії, за наступною схемою:



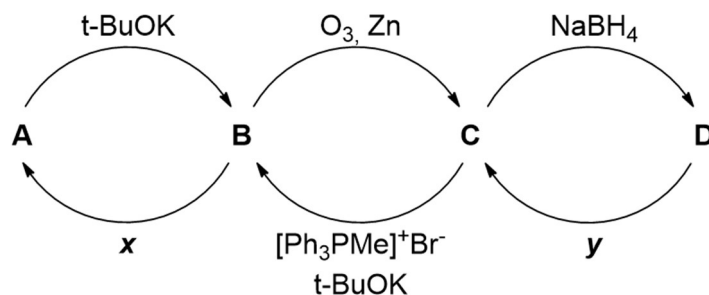
3.6. Зобразіть структури невідомих сполук. Усі зашифровані речовини є ациклічними.

E 	Y 	X₃
X₄ 		

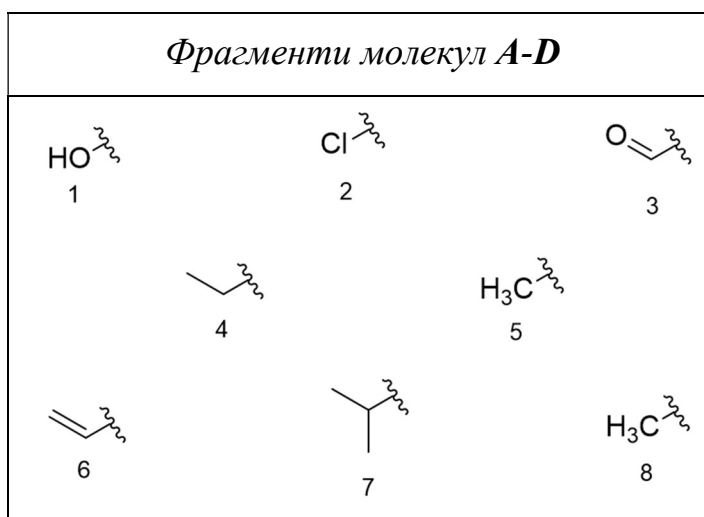
Завдання 10.4. Хімічний пазл

Автор: Микола Пашко

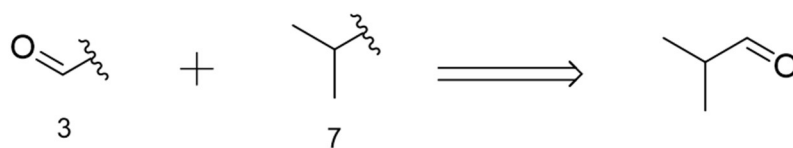
Нижче наведена схема перетворень речовин **A-D**.



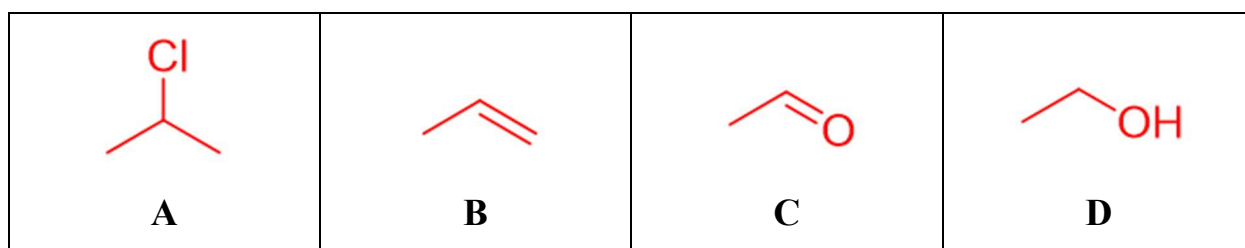
Щоб визначити речовини **A-D** вам необхідно скласти фрагменти з наведених варіантів 1-8, врахувавши, що кожна сполука складається з двох фрагментів, і кожен фрагмент Ви можете використовувати лише один раз. Хвилясті лінії у фрагментах позначають розірвані зв'язки, які при складанні утворюють один зв'язок.



Приклад складання фрагментів наведено нижче:



4.1. Складіть формули сполук **A-D** із запропонованих фрагментів. Наведена схема перетворень речовин **A-D** має бути коректною.



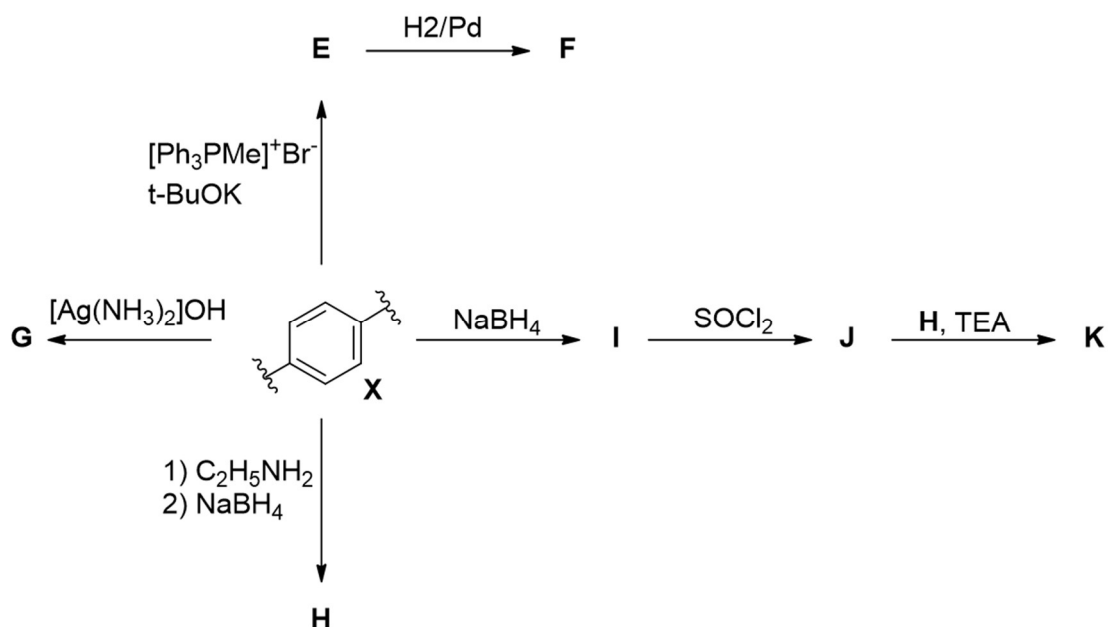
4.2. Серед наведених нижче варіантів **виберіть** усі умови **x** і **y**, що підходять для схеми перетворень речовин **A-D**.

- a) H_2O , H^+
- b) Cu , O_2 , t°
- c) KMnO_4 , H_2O , H^+
- d) $(\text{COCl})_2$, DMSO , TEA
- e) HCl
- f) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$


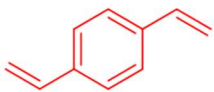

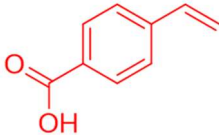
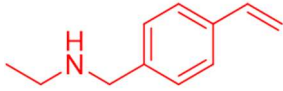

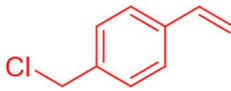
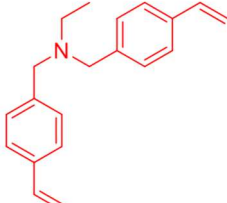
DMSO - диметилсульфоксид, TEA – триетиламін

x – e	y – b, d
--------------	-----------------

У наведеній нижче схемі сполука **X** складається з бензенового кільця до якого приєднані два фрагменти з пункту 1. Відомо, що молярні маси речовин **E**, **F**, **J** та **K** дорівнюють відповідно 130, 134, 152,5 та 277 г/моль, водний розчин речовини **G** має кислий рН, а водний розчин речовини **H** має лужний рН.



4.3. **Визначте** формули речовин **E-K** та **X**. Наведена схема перетворень речовини **X** має буде коректною.

 X	 E	 F	 G
 H	 I	 J	 K

У мас спектрі з хімічною йонізацією (детектуються частинки M+1) речовини **J** детектуються молекулярні йони з молярними масами 153 та 155 г/моль з інтенсивностями 100% і 33% (співвідношення приблизно 3 до 1), що пояснюється наявністю в молекулі одного атому Хлору, оскільки у хлору існує два природніх ізотопи з нуклонними числами 35 та 37 і відсотковим вмістом 75% і 25%.

4.4. Які молекулярні йони будуть детектуватися у мас спектрі з хімічною йонізацією для бромобензену (C_6H_5Br) та бромохлоробензену (C_6H_4BrCl) **і якими будуть їх інтенсивності?** У бромі існує два природніх ізотопи з нуклонними числами 79 і 81 та відсотковим вмістом по 50% кожного ізотопу.

Для C_6H_5Br будуть детектуватися два молекулярні йони: $C_6H_5^{79}Br$ ($M+1 = 157$) та $C_6H_5^{81}Br$ ($M+1 = 159$) та вмістом по 50% (інтенсивність буде по 100%)

Для C_6H_4BrCl будуть детектуватися наступні молекулярні йони: $C_6H_4^{79}Br^{35}Cl$ ($M+1 = 191$), $C_6H_4^{81}Br^{35}Cl$ ($M+1 = 193$), $C_6H_4^{79}Br^{37}Cl$ ($M+1 = 193$), $C_6H_4^{81}Br^{37}Cl$ ($M+1 = 195$)

Порахуємо відсотковий вміст молекулярних йонів з масами 191, 193 та 195:

$$191 = 0,75 \cdot 0,5 = 0,375 \text{ (вміст – 37,5\%)}$$

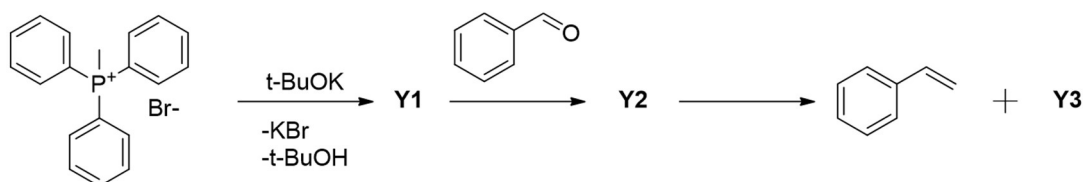
$$193 = 0,75 \cdot 0,5 + 0,25 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ (вміст – 50\%)}$$

$$195 = 0,25 \cdot 0,5 = 0,125 \text{ (вміст – 12,5\%)}$$

Відповідні інтенсивності: 191 – 75%, 193 – 100%, 195 – 25%

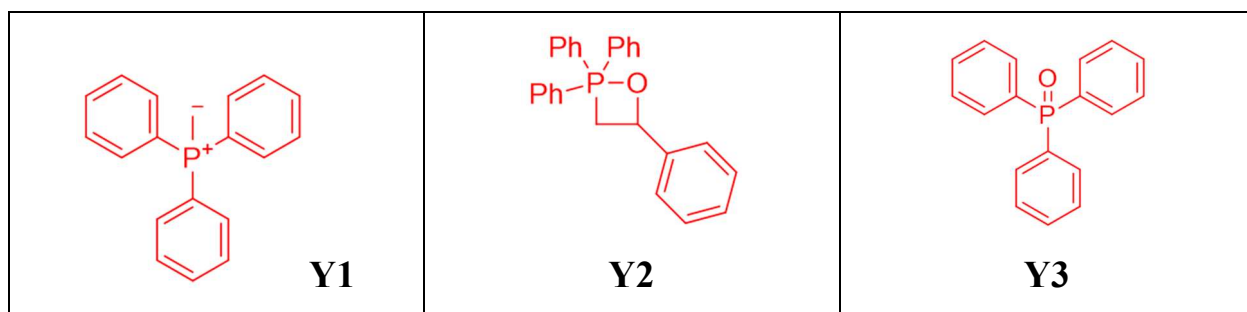
Речовина	Молярна маса молекулярного йону, г/моль	Інтенсивність, %
C ₆ H ₅ Br	157	100%
	159	100%
C ₆ H ₄ BrCl	191	75%
	193	100%
	195	25%

У наведених в задачі схемах декілька разів зустрічалась реакція Віттіга, яка є поширеним методом отримання алкенів з альдегідів або кетонів. Нижче наведений механізм реакції Віттіга для бензальдегіду.



Спочатку з фосфонієвої солі під дією основи генерується ілід фосфору **Y1**, він взаємодіє з карбонільною групою, утворюючи циклічний чотиричленний інтермедіат **Y2** (M = 382 г/моль), котрий елімінує з утворенням алкену та **Y3**.

4.5. Визначте зашифровані сполуки **Y1-Y3** у наведеному механізмі реакції Віттіга.



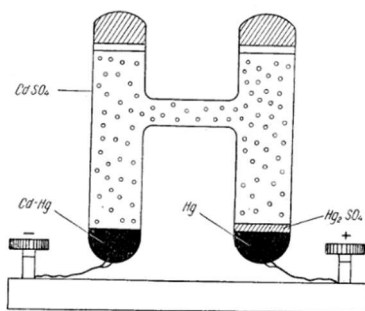
Завдання 10.5. Елемент Вестона

Автор: Михайло Пашко

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

Нормальний елемент Вестона (ртутно-кадмієвий елемент) - гальванічний елемент, ЕРС якого дуже стабільна в часі і відтворюється від екземпляра до екземпляра. Застосовується як джерела стабільної напруги або еталону напруги в метрології.

Сам елемент Вестона має таку будову. Позитивний електрод – ртуть, що контактує з пастою з кристалів меркурій(І) сульфату Hg_2SO_4 . Негативний електрод – амальгама кадмію. У якості електроліта використовують водний розчин кадмій сульфату CdSO_4 .



5.1. Запишіть загальний вигляд (схему) даного гальванічного елемента та **реакцій** які відбуваються на електродах.

Схема гальванічного елемента: $\text{Cd(Hg)} \mid \text{CdSO}_4 \parallel \text{Hg}_2\text{SO}_4 \mid \text{Hg}$

Реакція на аноді: $\text{Cd} - 2e = \text{Cd}^{2+}$

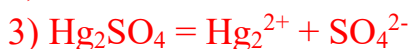
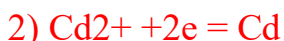
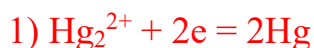
Реакція на катоді: $\text{Hg}_2\text{SO}_4 + 2e = 2\text{Hg} + \text{SO}_4^{2-}$

5.2. Розрахуйте його стандартну ЕРС, якщо відомі наступні стандартні електродні потенціали:

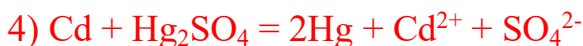
$$E_{\text{Hg}_2^{2+}/2\text{Hg}}^0 = 0.788 \text{ V}$$

$$E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^0 = -0.402 \text{ V}$$

А добуток розчинності для $\text{Hg}_2\text{SO}_4 = 1.41 \cdot 10^{-6}$.



Реакція яка проходить у гальванічному елементі:



$$\Delta_r G^0 = -RT \ln K = -nF \Delta E_{\text{комірки}}^0$$

$$\Delta_r G^0(4) = \Delta_r G^0(3) - \Delta_r G^0(2) + \Delta_r G^0(1)$$

$$\Delta_r G^0(4) = -RT \ln(K_s(\text{Hg}_2\text{SO}_4)) + 2F(E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^0 - E_{\text{Hg}_2^{2+}/2\text{Hg}}^0)$$

$$\Delta_r G^0(4) = -194.327 \text{ кДж/моль}$$

$$E^0 = -\frac{\Delta G}{2F}$$

$$E^0 = 1.007 \text{ V}$$

5.3. Для запобігання реакції гідролізу солей ртуті в електроліт додають розчин сульфатної кислоти. **Як зміниться** ЕРС, якщо у якості електроліту використати розчин з концентрацією CdSO_4 0,5 М та H_2SO_4 з концентрацією 0,1 М?

$$\text{(для довідки: рівняння Нернста: } E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{(Ox_i)^{v_i}}{(Red_i)^{v_i}})$$

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{(Ox_i)^{v_i}}{(Red_i)^{v_i}}$$

$$E = E^0 + \frac{RT}{2F} \ln ([\text{Cd}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}])$$

$$\Delta E = \frac{RT}{2F} \ln (0.5 * 0.6)$$

$$\Delta E = -0.0155 \text{ V}$$

$$\Delta E = -0.0155 \text{ V}$$

5.4. Відомо що для елемента Вестона ЕРС при 60°C (електроліт - 1М CdSO_4) дорівнює 1,271 V. **Розрахуйте** стандартну ентальпію ΔH_r^0 та стандартну ентропію ΔS_r^0 для реакції, яка відбувається в гальванічному елементі. Вважайте, що ентальпія реакції не змінюється у даному інтервалі температур.



$$\Delta_r G^0 = -RT \ln K = -nF \Delta E_{\text{комірки}}^0$$

$$\Delta G(333) = -2FE = -245.265 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta G(298) = -194.327 \text{ кДж/моль}$$

$$K = e^{-\frac{\Delta G}{RT}}$$

$$\ln \left(\frac{K_2}{K_1} \right) = \frac{\Delta H_r^0}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$K_1(298) = 1.158 \cdot 10^{34} \quad K_2(333) = 2.977 \cdot 10^{38}$$

$$\Delta H_r^0 = 239.367 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta G_r^0 = \Delta H_r^0 - T \Delta S_r^0$$

$$\Delta S_r^0 = \frac{\Delta H_r^0 - \Delta G_r^0}{298} =$$

$$\Delta H_r^0 = 239.4 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta S_r^0 = 1455 \text{ Дж/моль}$$

5.5. Для покращення стабільності напруги елемента Вестона у якості електроліту використовують насичений розчин кадмій сульфату CdSO_4 з додаванням твердого CdSO_4 . Такі елементи називають насиченими. Поясніть, чим зумовлена більша стабільність напруги такого елемента. **Оберіть** (підкресліть або обведіть) один або декілька правильних варіантів.

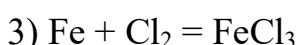
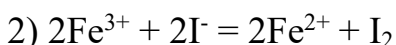
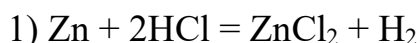
а) Додаванням твердого CdSO_4 збільшує електропровідність елемента Вестона.

б) Додавання твердого CdSO_4 зменшує опір елемента Вестона.

в) За таких умов підтримується постійна концентрація кадмію в розчині.

г) За таких умов потенціал $E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^0$ не залежить від концентрації кадмію.

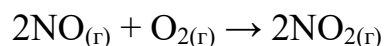
5.6. Запропонуйте гальванічні елементи у яких будуть відбуватись наступні реакції:



Завдання 10.6. Й знову ці оксиди нітрогену...

Автор: Іван Кона

Оксиди нітрогену – одні з основних забруднювачів навколишнього повітря. Нітроген(II) оксид в атмосфері утворюється зазвичай під час гроз та у двигунах внутрішнього згорання, після чого майже одразу окиснюється на повітрі та перетворюється на нітроген(IV) оксид:



Щоб вивчити кінетику цієї реакції при 25 °С, були виміряні початкові швидкості утворення NO_2 з використанням різних початкових парціальних тисків NO та O_2 . Усі отримані дані представлені у вигляді таблиці.

№	Початковий тиск, кПа		Початкова швидкість утворення NO_2 , $\text{кПа} \cdot \text{с}^{-1}$
	$p(\text{NO})$	$p(\text{O}_2)$	
1	30	15	15,1
2	15	15	3,8
3	15	45	11,6

6.1. Визначте порядки реакції для обох реагентів і **запишіть** кінетичне рівняння.

Нехай кінетичне рівняння має вид: $r = k \cdot p(\text{NO})^n \cdot p(\text{O}_2)^m$

Експерименти №1 та №2:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{k \cdot p_1(\text{NO})^n \cdot p_1(\text{O}_2)^m}{k \cdot p_2(\text{NO})^n \cdot p_2(\text{O}_2)^m} = \frac{p_1(\text{NO})^n}{p_2(\text{NO})^n} \rightarrow 2^n = 3,98$$

Тоді $n = 2$, порядок за NO дорівнює 2.

Експерименти №2 та №3:

$$\frac{r_3}{r_2} = \frac{k \cdot p_3(\text{NO})^n \cdot p_3(\text{O}_2)^m}{k \cdot p_2(\text{NO})^n \cdot p_2(\text{O}_2)^m} = \frac{p_3(\text{O}_2)^m}{p_2(\text{O}_2)^m} \rightarrow 3^n = 3,05$$

Тоді $n = 1$, порядок за O_2 дорівнює 1.

Загальне кінетичне рівняння: $r = k \cdot p(\text{NO})^2 \cdot p(\text{O}_2)$

Порядок за O_2 дорівнює 1

Порядок за NO дорівнює 2

Загальне кінетичне рівняння: $r = k \cdot p(\text{NO})^2 \cdot p(\text{O}_2)$

6.2. Розрахуйте константу швидкості. Відповідь наведіть у кПа та у моль/л.

$$k_p = \frac{r_p}{p(\text{NO})^2 \cdot p(\text{O}_2)} = \frac{15,1}{30^2 \cdot 15} = 1,12 \cdot 10^{-3} \text{ кПа}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$$

Використовуючи залежність $p = c \cdot R \cdot T$, знаходимо константу реакції у моль/л:

$$r_c \cdot (RT) = k_p \cdot c(\text{NO})^2 \cdot c(\text{O}_2) \cdot (RT)^3 \rightarrow k_c = \frac{r_c}{c(\text{NO})^2 \cdot c(\text{O}_2)} = k_p \cdot (RT)^2$$

$$k_c = 1,12 \cdot 10^{-3} \cdot (8,314 \cdot 298)^2 = 6,86 \cdot 10^{-6} \text{ л}^2 \cdot \text{моль}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$$

$$k_p = 1,12 \cdot 10^{-3} \text{ кПа}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$$

$$k_c = 6,86 \cdot 10^{-6} \text{ л}^2 \cdot \text{моль}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$$

6.3. Розрахуйте початкову швидкість (у $\text{кПа} \cdot \text{с}^{-1}$) витрати NO за наведеним вище рівнянням при початковому тиску NO 27 кПа, початковому тиску O_2 14 кПа та температурі 25 °С.

$$r(\text{реакції}) = -\frac{1}{2} \frac{\Delta p_{\text{NO}}}{\Delta t} = 1,12 \cdot 10^{-3} \cdot 27^2 \cdot 14 = 11,4 \text{ кПа} \cdot \text{с}^{-1}$$

$$-\frac{\Delta p_{\text{NO}}}{\Delta t} = 22,8 \text{ кПа} \cdot \text{с}^{-1}$$

$$r = 22,8 \text{ кПа} \cdot \text{с}^{-1}$$

6.4. Розрахуйте час, коли парціальний тиск O_2 зменшиться до 1,2 кПа при початковому тиску NO 100 кПа, початковому тиску O_2 2 кПа та температурі 25 °С.

Так як NO у великому надлишку порівняно з O₂, то його тиск майже не буде змінюватися з часом, тоді реакція набуває псевдопершого порядку за O₂:

$$r = k \cdot p(NO)^2 \cdot p(O_2) = k' \cdot p(O_2)$$

Де $k' = k \cdot p(NO)^2 = 1,12 \cdot 10^{-3} \cdot 100^2 = 11,2 \text{ с}^{-1}$

Тоді користуючись рівнянням першого порядку, знайдемо час, за який парціальний тиск O₂ зменшиться до 1,2 кПа:

$$\ln \frac{p_0}{p} = kt \rightarrow t = \frac{\ln \frac{p_0}{p}}{k} = \frac{\ln \frac{2}{1,2}}{11,2} = 4,56 \cdot 10^{-2} \text{ с}$$

$$t = 4,56 \cdot 10^{-2} \text{ с}$$

Відомо, що енергія активації окиснення NO до NO₂ становить 45 кДж/моль.

6.5. Розрахуйте значення передекспоненціального **коефіцієнта A** у рівнянні Ареніуса та **константу швидкості** при 45 °С.

Рівняння Ареніуса:

$$k = A \cdot \exp \left[\frac{-Ea}{RT} \right] \rightarrow A = k \cdot \exp \left[\frac{Ea}{RT} \right] = 1,12 \cdot 10^{-3} \cdot \exp \left[\frac{45000}{8,314 \cdot 298} \right] = 8,66 \cdot 10^4$$

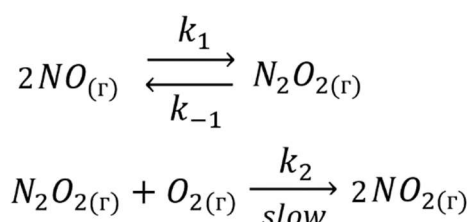
Тоді константа швидкості при 318 К становить:

$$k_2 = A \cdot \exp \left[\frac{-Ea}{R \cdot T_2} \right] = 8,66 \cdot 10^4 \cdot \exp \left[\frac{-45000}{8,314 \cdot 318} \right] = 3,51 \cdot 10^{-3} \text{ кПа}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$$

$$A = 8,66 \cdot 10^4$$

$$k_2 = 3,51 \cdot 10^{-3} \text{ кПа}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$$

Для даної реакції було запропоновано можливий механізм:



Використовуючи квазістаціонарне наближення можна вивести кінетичне рівняння для швидкості утворення NO₂:

$$\frac{\Delta p_{NO_2}}{\Delta t} = \frac{k_1 k_2 p_{NO}^2 p_{O_2}}{k_2 p_{O_2} + k_{-1}}$$

6.6. За яких умов кінетичне рівняння узгоджується з експериментом?

Оберіть (підкресліть або обведіть) один правильний варіант.

- а) При малих тисках NO.
- б) При високих тисках NO.
- в) При малих тисках O₂.**
- г) При високих тисках O₂.

6.7. **Виразіть** експериментальну константу швидкості реакції k_{obs} через константи елементарних стадій (k_1 , k_{-1} , k_2) за умов, вибраних у пункті б.

При малих тисках O₂ $k_{-1} \gg \gg k_2 p_{O_2}$ й вираз для швидкості реакції набуває вигляду:

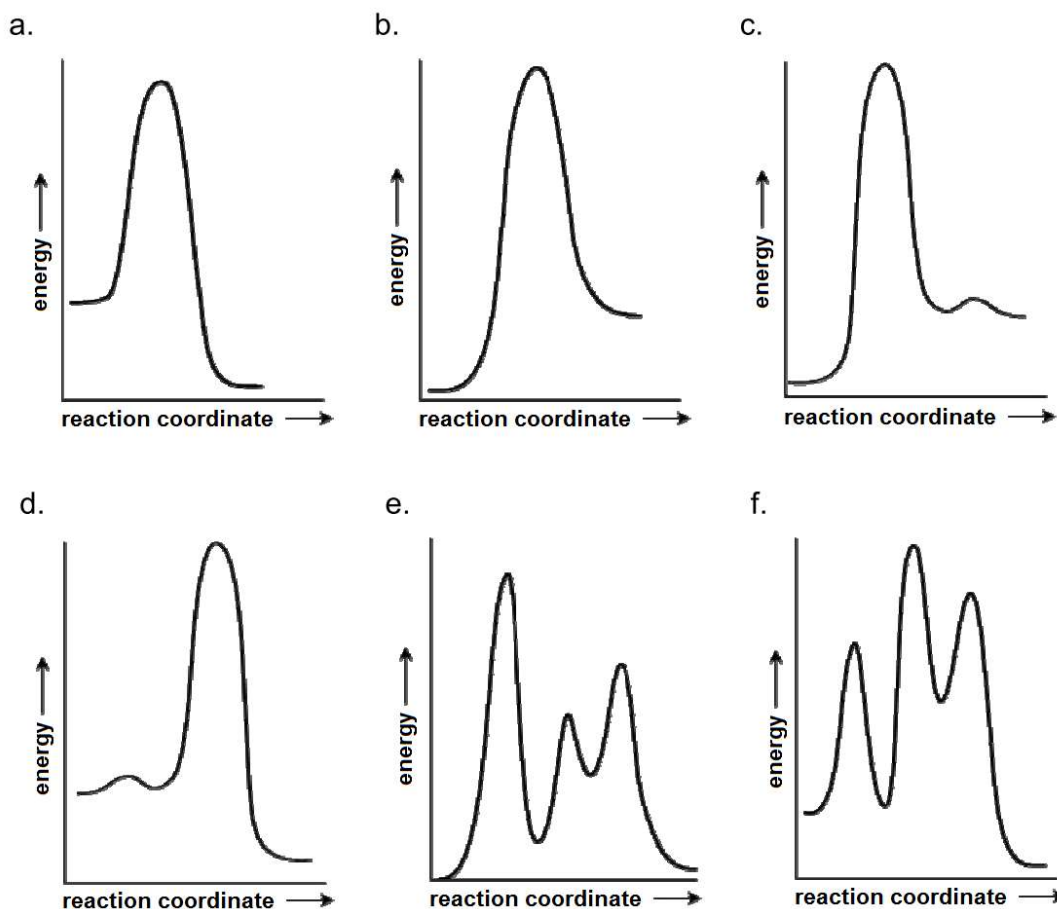
$$\frac{\Delta p_{NO}}{\Delta t} = \frac{k_1 k_2 p_{NO}^2 p_{O_2}}{k_2 p_{O_2} + k_{-1}} = k_{obs} p_{NO}^2 p_{O_2}$$

Де $k_{obs} = \frac{k_1 k_2}{k_{-1}}$, тоді порядок по NO складатиме 2, а по O₂ – 1, що узгоджується з експериментальними даними.

$$k_{obs} = \frac{k_1 k_2}{k_{-1}}$$

6.8. **Виберіть** енергетичну діаграму для даної реакції, яка узгоджується з запропонованим механізмом та експериментальними даними.

Графік d.



Завдання 10.7. Фосфати

Автор: Сергій Алексєєв

10,00 г NaOH розчинили у воді, додали 10,29 мл 85% розчину H_3PO_4 (густина $1,68 \text{ г/см}^3$). Об'єм отриманого розчину довели водою до 100 мл, отримавши *розчин 1*. Після упарювання цього розчину утворилася суміш сухих солей **A** та **B**, а після прожарювання цієї суміші – сіль **X**, що складається з атомів 3-х хімічних елементів.

7.1. **Встановіть** формули **A** та **B** (якщо $M_r(\text{A})$ менша за $M_r(\text{B})$) та розрахуйте маси солей після упарювання *розчину 1*.

Розрахуємо кількості речовини для NaOH та H₃PO₄:

$$v(\text{NaOH}) = 10/40 = 0,25 \text{ моль}$$

$$v(\text{H}_3\text{PO}_4) = 10,29 \cdot 1,68 \cdot 0,85/98 = 0,15 \text{ моль}$$

При такому відношенні утворюється 0,05 моль NaH₂PO₄ та 0,1 моль Na₂HPO₄

$$m(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0,05 \cdot 120 = 6 \text{ г.}$$

$$m(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0,1 \cdot 142 = 14,2 \text{ г.}$$

A - NaH₂PO₄

B - Na₂HPO₄

$$m(\mathbf{A}) = 6 \text{ г.}$$

$$m(\mathbf{B}) = 14,2 \text{ г.}$$

7.2. Розрахуйте рН 0,2 М розчину H₃PO₄ (константи дисоціації H₃PO₄: K₁ = 7,1·10⁻³; K₂ = 6,2·10⁻⁸; K₃ = 5,0·10⁻¹³. pK₁ = 2,15; pK₂ = 7,21; pK₃ = 12,3).



$$[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = [\text{H}^+]; [\text{H}_3\text{PO}_4] = C_0(\text{H}_3\text{PO}_4) - [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$$

$$7,1 \cdot 10^{-3} = \frac{[\text{H}^+]^2}{0,2 - [\text{H}^+]}; [\text{H}^+] = 0,0343 \text{ М}$$

$$\text{pH} = 1,46$$

7.3. Розрахуйте рН 0,1 М розчину солі **A**

розчин NaH₂PO₄ буде розчином амфоліту, рН розчину амфоліту буде розраховуватися за формулою:

$$\text{pH} = \frac{\text{p}K_{a1} + \text{p}K_{a2}}{2} = \frac{2,15 + 7,21}{2} = 4,68$$

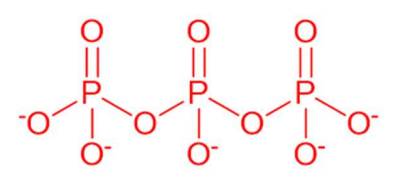
$$\text{pH} = 4,68$$

7.4. Розрахуйте рН розчину **1**

Розчин **1** буде буферним розчином де NaH₂PO₄ буде кислотою (pK₂ = 7,21), порахуємо рН по формулі буферного розчину:

$$\text{pH} = \text{p}K_2 + \log \frac{C(\text{Na}_2\text{HPO}_4)}{C(\text{NaH}_2\text{PO}_4)} = 7,21 + \log \frac{0,1}{0,05} = 7,51$$

7.5. **Встановіть** формулу солі **X** та **зобразіть** структуру її аніону.

<p>При прожарюванні буде відщеплюватись:</p> $\text{NaH}_2\text{PO}_4 = \text{NaPO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{Na}_2\text{HPO}_4 = \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$ <p>NaPO_3 та $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ утворяться у співвідношенні 1 до 1, отже формула X – $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$</p>	<p>X - $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$</p> <p>Структура аніону X:</p> 
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Аніон солі **X** утворює міцні комплекси з іонами Mg^{2+} та Ca^{2+} , тому ця сіль використовується для запобігання утворення накипу (суміш CaCO_3 та MgCO_3) в системах опалення, як компонент пральних порошків та при виготовленні плавлених сирків.

7.6. **Напишіть** рівняння реакції між сіллю **X** та компонентами накипу.

$\text{CaCO}_3 + \text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} = \text{CaNa}_3\text{P}_3\text{O}_{10} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ $\text{MgCO}_3 + \text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} = \text{MgNa}_3\text{P}_3\text{O}_{10} + \text{Na}_2\text{CO}_3$

7.7. **Наведіть** рівняння реакцій, які пояснюють, чому при нагріванні водопровідної води утворюється накип.

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 = \text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

10 клас (експеримент)

Вивчення кінетики взаємодії Гідроген пероксиду з Калій йодидом у кислому середовищі

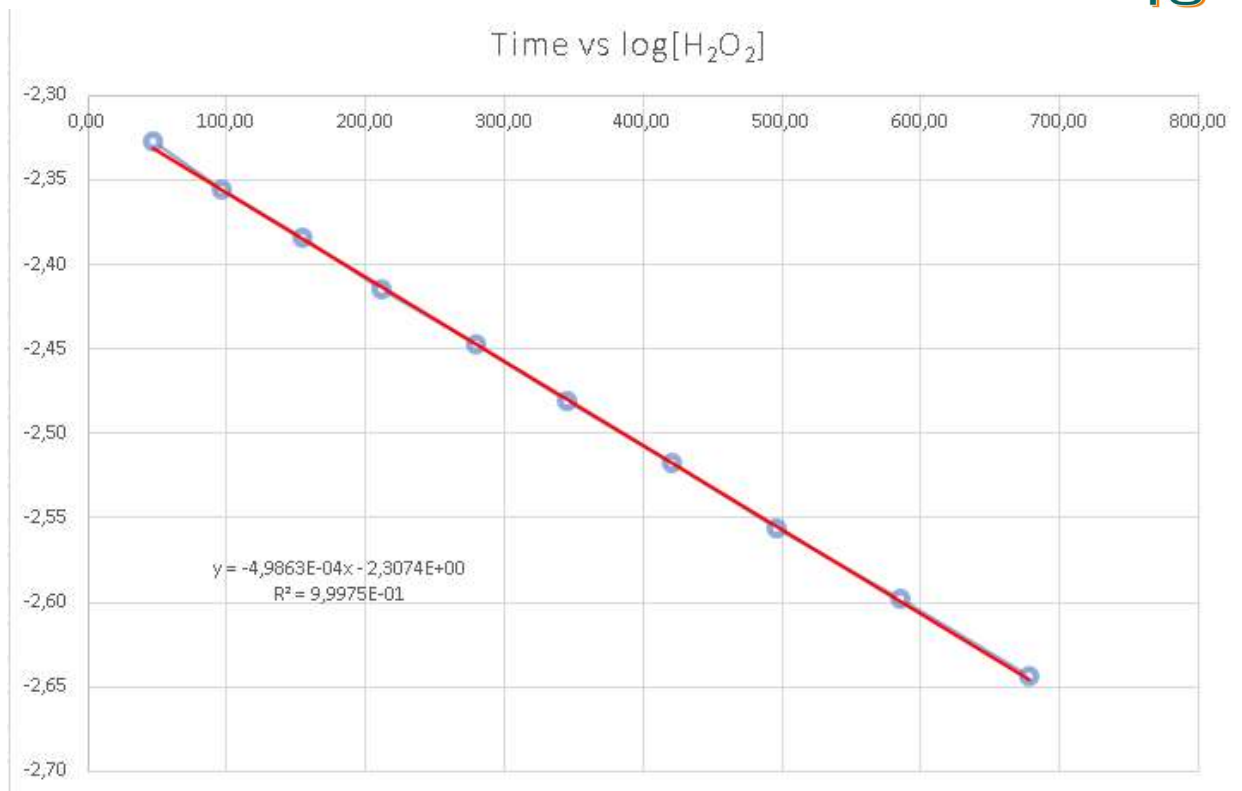
Автор: Олександр Ляпунов

Відповіді та пояснення

Робота складається з двох частин. Перша включає розрахунок та приготування розчину гідроген пероксиду необхідної концентрації. У випадку некоректного розрахунку учасник отримує від організаторів коректне значення (5,7 мл) або готовий розчин, але втрачає частину балів.

Друга частина – вимірювання інтервалів часу між появою забарвлення, виконання розрахунків, побудова графіку та визначення значення константи швидкості. Приклад заповненої таблиці та побудованого графіку:

Сумарний об'єм суміші, мл	Кількість $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, мл	Сумарна кількість молів			Концентрація		Час, с
		введеного $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	I_2 , що виділився	H_2O_2 , що залишився в розчині	$[\text{H}_2\text{O}_2]$, моль/л	$\lg[\text{H}_2\text{O}_2]$	
101	1	5,000E-05	2,500E-05	4,75E-04	4,70E-03	-2,33	47,00
102	2	1,000E-04	5,000E-05	4,50E-04	4,41E-03	-2,36	96,00
103	3	1,500E-04	7,500E-05	4,25E-04	4,13E-03	-2,38	154,00
104	4	2,000E-04	1,000E-04	4,00E-04	3,85E-03	-2,41	212,00
105	5	2,500E-04	1,250E-04	3,75E-04	3,57E-03	-2,45	280,00
106	6	3,000E-04	1,500E-04	3,50E-04	3,30E-03	-2,48	345,00
107	7	3,500E-04	1,750E-04	3,25E-04	3,04E-03	-2,52	420,00
108	8	4,000E-04	2,000E-04	3,00E-04	2,78E-03	-2,56	496,00
109	9	4,500E-04	2,250E-04	2,75E-04	2,52E-03	-2,60	585,00
110	10	5,000E-04	2,500E-04	2,50E-04	2,27E-03	-2,64	678,00



З наведених учасником експериментальних значень часу розраховуються та незалежно оцінюються наступні параметри: абсолютне значення **тангенсу кута нахилу** прямої або константа швидкості та **значення R^2** . Оцінка за цю частину роботи розраховується за методом «трапеції», з урахуванням відхилення експериментально отриманого значення від MasterValue. Перше значення вказує на дотримання методики учасником (концентрація розчину гідроген пероксиду, приготування реакційної суміші, точність додавання тіосульфату). Друге значення показує розкид точок на апроксимаційній прямій та є показником якості виконання експерименту. Окремо оцінюється розрахунки концентрацій та значення розрахованої константи швидкості за даними учасника.

11 клас. I тур

Завдання 11.1. Парацетамол

Автор: Григоренко Олександр

Одним із найбільш поширених жарознижувальних та знеболюючих засобів є Парацетамол, який було вперше синтезовано ще у 1878 році. Нижче наведено його структурну формулу, а також формули його ізомерів *A–D*. Кожен із ^1H ЯМР спектрів № 1–5 відповідає одній з перелічених сполук.

1.1. **Встановіть**, який із спектрів № 1–5 відповідає парацетамол, а які – його ізомерам *A–D*.

№ спектру	1	2	3	4	5
Сполука	C	Парацетамол	A	D	B

1.2. Використовуючи нумерацію груп атомів Гідрогену, наведену в умові задачі, **співвіднесіть** сигнали в ^1H ЯМР спектрах № 1–5.

Спектр № 1.

Хімічний зсув сигналу, м.ч.	8.06	7.88	7.68	6.85	2.93
Номер груп(и) атомів	7	2	3,4	5,6	1

Спектр № 2.

Хімічний зсув сигналу, м.ч.	9.72	8.17	7.34	6.67	2.05
Номер груп(и) атомів	2	7	3,4	5,6	1

Спектр № 3.

Хімічний зсув сигналу, м.ч.	6.76	6.64	5.10	2.26
-----------------------------	------	------	------	------

Номер груп(и) атомів	2,3	4,5	6	1
-------------------------	-----	-----	---	---

Спектр № 4.

Хімічний зсув сигналу, м.ч.	7.83	7.08 та 7.02	6.96	3.84
Номер груп(и) атомів	2,3	1	4,5	6

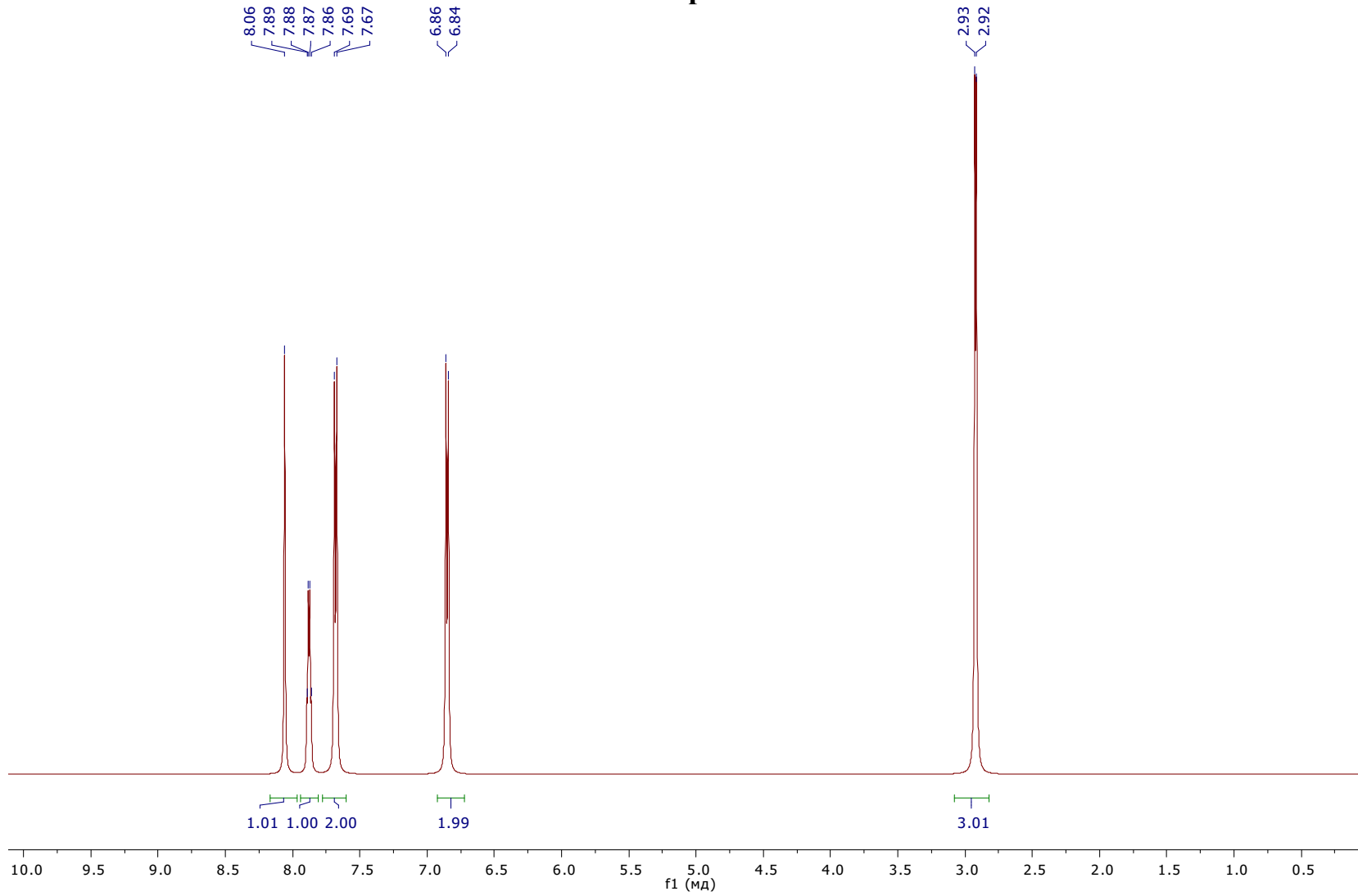
Спектр № 5.

Хімічний зсув сигналу, м.ч.	9.17	7.58	7.34	7.08	7.00	6.76	2.16
Номер груп(и) атомів	2	7	3	4	5	6	1

1.3. Чому два різні сигнали у спектрі № 4 (при 7.08 та 7.02 м. ч.) відповідають групі протонів, яка в умові задачі позначена однією цифрою?

Це пов'язано із загальмованим обертанням навколо амідного зв'язку у сполуці **D**, внаслідок чого протони групи 1 стають нееквівалентними:

Спектр № 1.

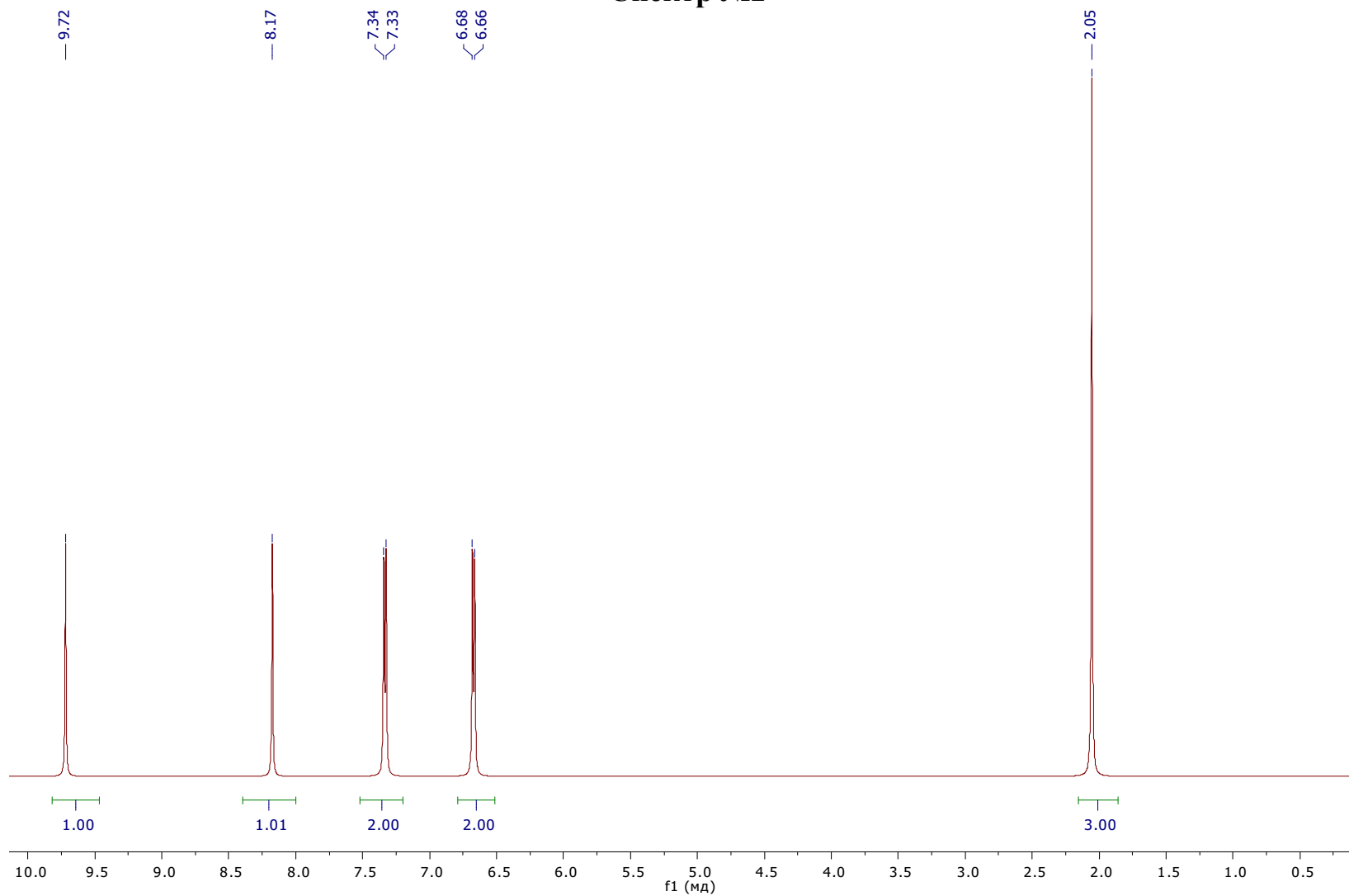




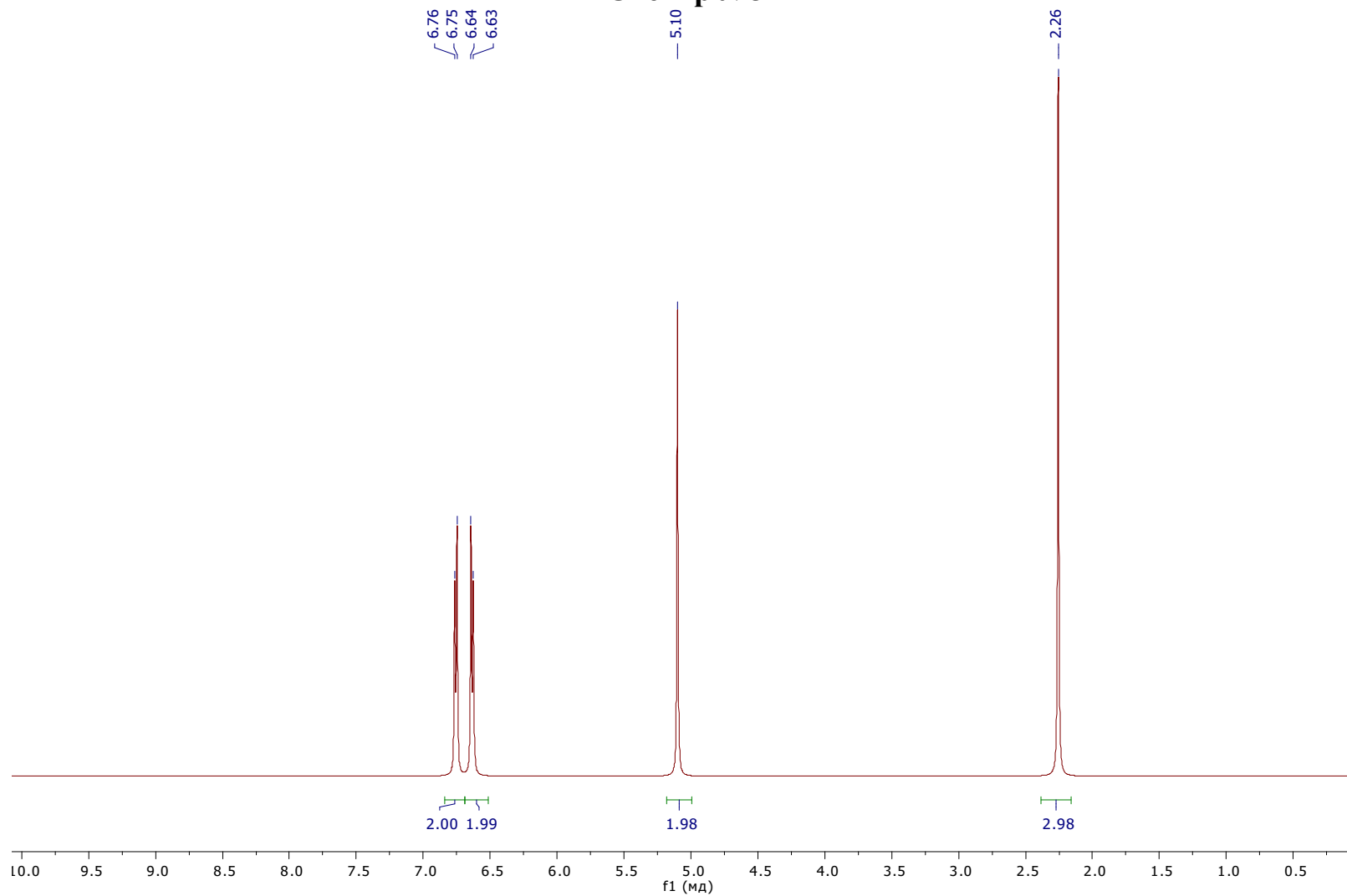
LVIII Всеукраїнська олімпіада з хімії



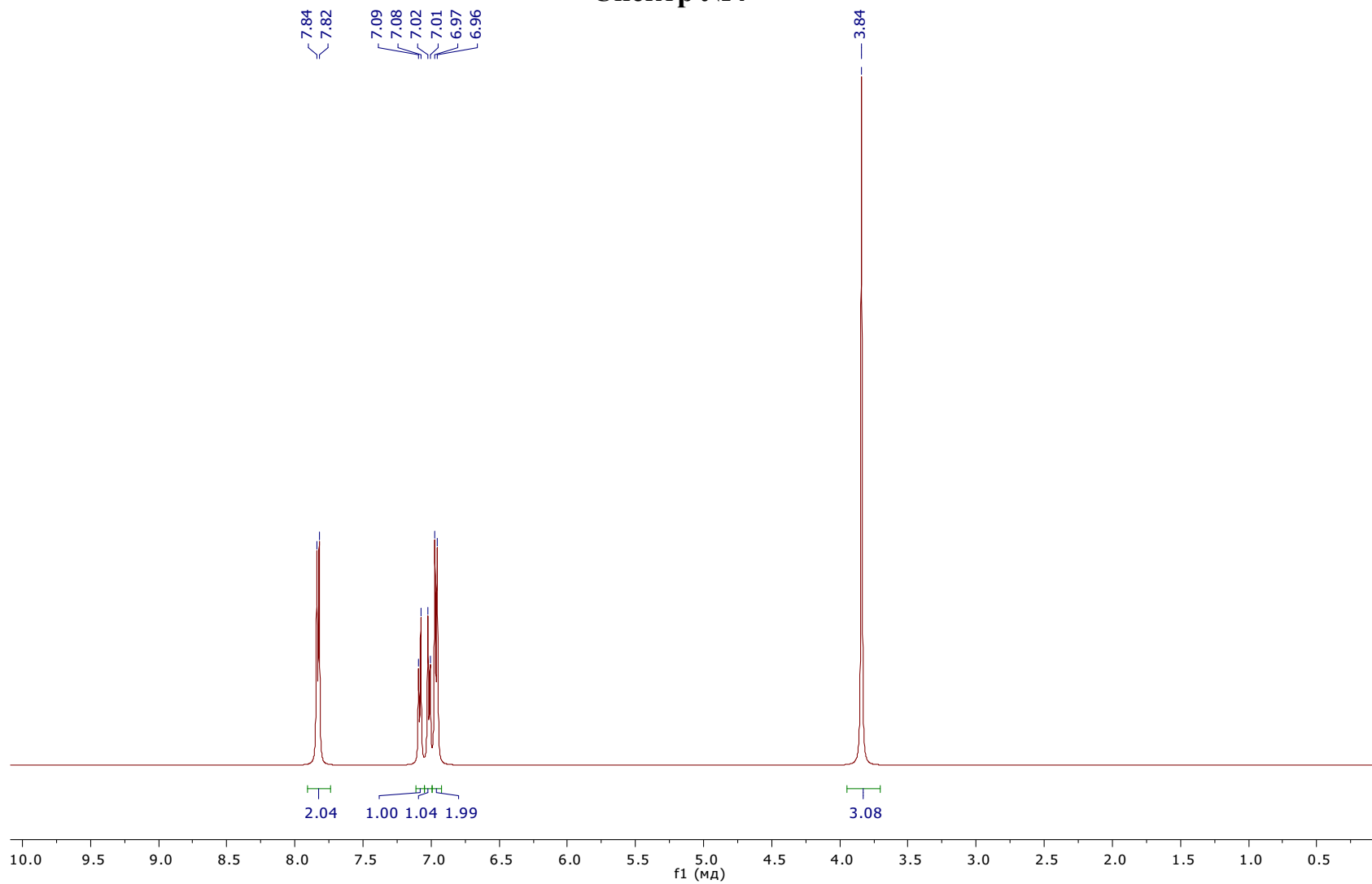
Спектр №2



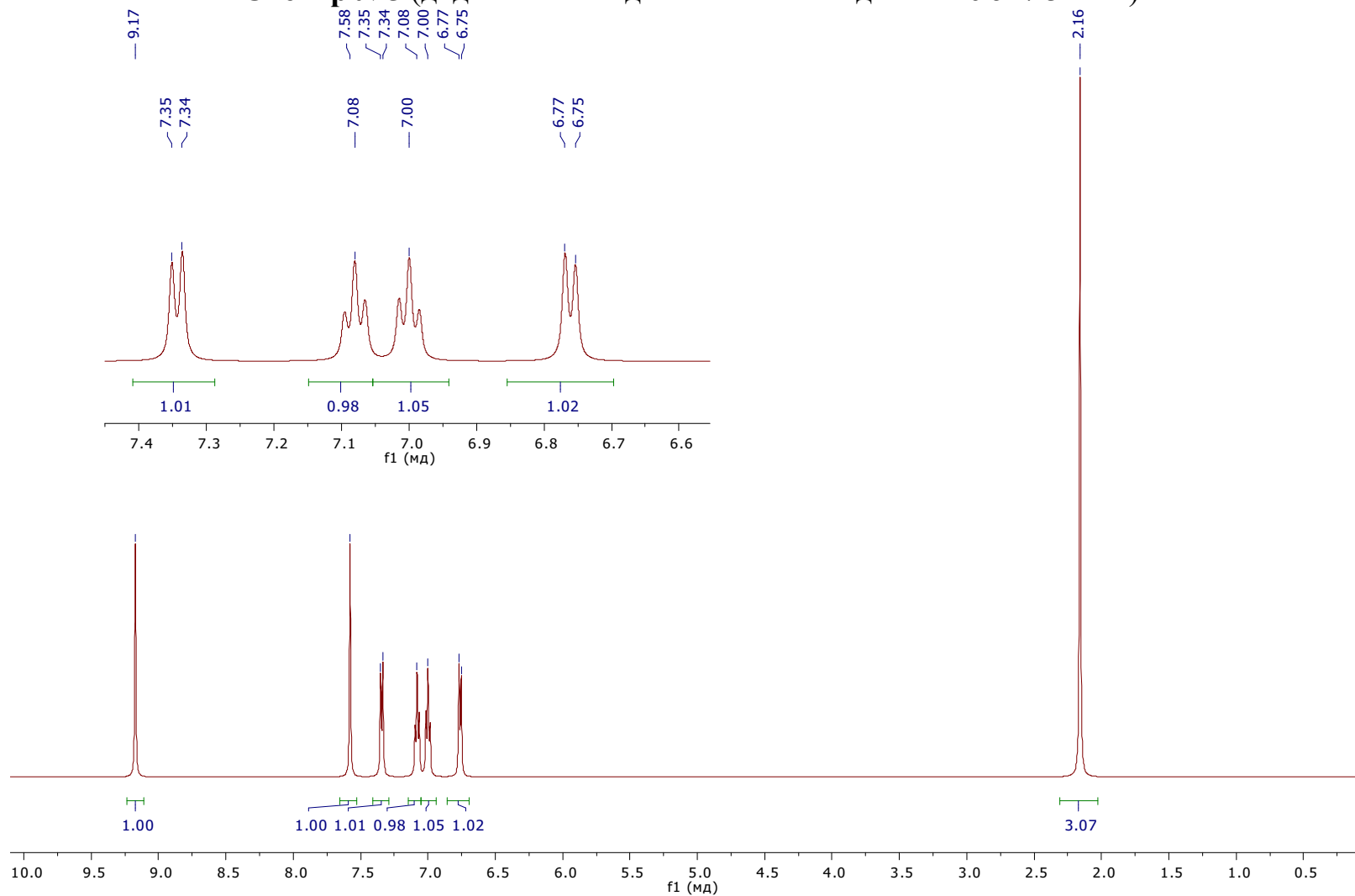
Спектр №3



Спектр №4



Спектр №5 (додатково наведено збільшення ділянки 6.5–7.3 м. ч.)

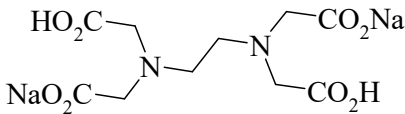
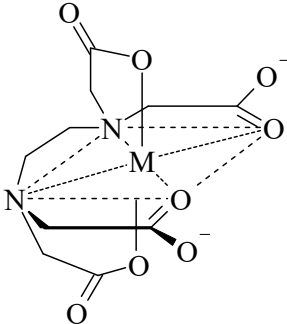


Завдання 11.2. АХ

Автор: Алексєєв Сергій

Аліквоту природної води об'ємом 100 мл відібрали в конічну колбу, додали 5 мл амоніачного буферу (водний розчин NH_3 та NH_4Cl) з $\text{pH} = 10$ та індикатор еріохром чорний Т. Пробу відтитрували 0,025М розчином Трилону Б до переходу червоно-фіолетового забарвлення у блакитне; його витратилося 22,0 мл.

2.1. Зобразіть структурну формулу Трилону Б та його комплексу з магнієм. Розрахуйте загальну жорсткість (сумарну концентрацію катіонів, що утворюють комплекс з Трилоном Б) проби води (у ммоль/л).

Трилон Б	Комплекс магнію з Трилоном Б
	
<p>При написанні рівнянь позначаємо трилон Б як $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$. Реакції, що відбуваються при титруванні:</p> $\text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} + 2\text{OH}^- = [\text{CaY}]^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{Mg}^{2+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} + 2\text{OH}^- = [\text{MgY}]^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ $C(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) = C_{\text{Tr}} \cdot V_{\text{Tr}} / V_{\text{H}_2\text{O}} = 5,5 \text{ ммоль/л}$	

До аналогічної аліквоти води додали 1 мл хлоридної кислоти та прокип'ятили. Після цього додали розчин NaOH до $\text{pH} = 12,5$, індикатор мурексид та відтитрували 0,025М розчином Трилону Б до переходу малинового забарвлення у фіолетове. На цей раз витратилося 7,0 мл розчину. Вважайте, що жорсткість досліджуваної проби води зумовлена наявністю в ній тільки йонів Mg^{2+} та Ca^{2+} , а вмістом інших катіонів, що утворюють комплекс з Трилоном Б, можна знехтувати. Встановіть:

2.2. З яким катіоном реагує Трилон Б за вищевказаних умов? Чому «не титрується» інший катіон?

Кальцій



Катіони кальцію утворюють з мурексидом комплекс малинового кольору. При титруванні з Трилоном Б спочатку реагують іони Ca^{2+} , потім руйнується комплекс кальцію з мурексидом і відбувається зміна забарвлення. Далі може відбуватися і розчинення $\text{Mg}(\text{OH})_2$, але на колір мурексиду це вже ніяк не вплине

2.3. Розрахуйте вміст Mg^{2+} та Ca^{2+} (у мг/л)

вміст Mg^{2+}	3,75 ммоль/л, 91 мг/л	вміст Ca^{2+}	1,75 ммоль/л, 70 мг/л
-----------------	------------------------------	-----------------	------------------------------

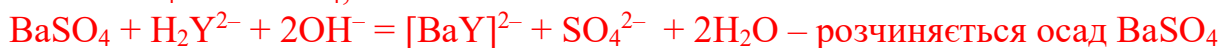
2.4. З якою метою проводили стадію аналізу, *позначену курсивом?*

Якщо обробку хлоридною кислотою не провести, при додаванні луку випадє в осад $CaCO_3$, і результати визначення кальцію будуть занижені
 $Ca(HCO_3)_2 + 2NaOH = CaCO_3 + Na_2CO_3$

До аналогічної аліквоти води додали хлоридну кислоту та розчин барій хлориду, розчин прокип'ятили, осад відділили та промили. До осаду додали розчин амоніаку та 10 мл 0,025М розчину Трилону Б, прокип'ятили, додали 5 мл амоніачного буферу з рН = 10 та відтитрували розчином магній сульфату з концентрацією 0,01 моль/л, якого витратилося 14 мл.

2.5. Який компонент визначали?

Сульфат

2.6. Напишіть рівняння реакцій, що відбуваються.

2.7. Розрахуйте вміст компоненту, який визначали (у мг/л).

$$C(SO_4^{2-}) = (C_{Tr} \cdot V_{Tr} - C_{Mg} \cdot V_{Mg}) / V_{H_2O} = 1,1 \text{ ммоль/л, } 105,6 \text{ мг/л}$$

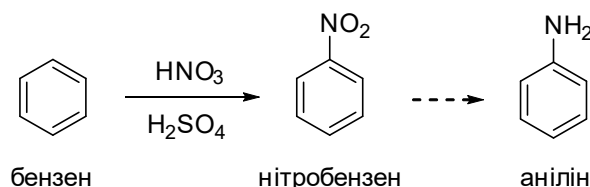
вміст компоненту	1,1 ммоль/л, 105,6 мг/л
------------------	--------------------------------

Завдання 11.3. Ароматичне заміщення

Автор: Радченко Дмитро

Перед вами ще одна задача з циклу «Органічні реакції». Вона присвячена дуже важливому класу перетворень – заміщенню в ароматичному кільці. Найпоширенішими типами такого заміщення є нуклеофільне та електрофільне заміщення. Їх відмінність обумовлена різним механізмом перебігу реакції і, відповідно, колом субстратів, що здатні в них вступати.

Розглянемо приклад реакції ароматичного заміщення - нітрування бензену з утворенням нітробензену. В промисловості останній відновлюється воднем на металевому каталізаторі до аніліну, який є критично важливою для промисловості сполукою і виробляється в мільйонах тон щороку:



3.1. Прикладом якого типу заміщення є реакція нітрування бензену? Поставте знак «+» навпроти правильної відповіді. **Відповідь обґрунтуйте.**

Варіант відповіді	Ваш вибір
Радикальне заміщення	
Нуклеофільне ароматичне заміщення	
Нуклеофільне S _N 2 заміщення	
Електрофільне ароматичне заміщення	
Нуклеофільне S _N 1 заміщення	

Це приклад електрофільного заміщення, оскільки атакуюча частинка – електрофіль, NO₂⁺

3.2. Вкажіть, які реагенти з наведених нижче можуть використовуватися для електрофільного, а які – для нуклеофільного ароматичного заміщення.

	Нуклеофільне	Електрофільне
Na ₂ S	+	
H ₂ SO ₄		+
NH ₃	+	
CsF	+	
HSO ₃ Cl		+
Br ₂		+

Ще одним прикладом нітрування, що має величезне промислове значення, є нітрування фенолу, з утворенням суміші двох нітрофенолів.

3.3. Вкажіть які саме ізомери утворюються, **зобразіть** механізм реакції та **поясніть** спостережувану селективність нітрування.

Утворюється суміш орто- та пара- заміщених фенолів. Положення заміщення обумовлено тим, що ОН група в фенолі здатна стабілізувати відповідні інтермедіати, що утворюються при атаці електрофілу саме за цими положеннями. Наприклад, для пара-заміщення механізм реакції і цей стабілізований інтермедіат виглядають наступним чином:



Саме з одного згаданого ізомеру нітрофенолу в промисловості отримують відомий лікарський препарат парацетамол (хімічна назва - N-ацетил-п-амінофенол, торгові назви - Парацетамол, Ацетамінофен, Тайленол, Панадол).

3.4. Запропонуйте метод отримання парацетамолу з нітрофенолу і **зобразіть** **схему синтезу**.

3.5. **Вкажіть** за допомогою стрілки найбільш імовірне положення нітрування в ароматичному циклі для кожної з наступних сполук та **поясніть** свій вибір:

Положення електрофільного заміщення визначається замісниками, що орієнтують або в орто- та пара- (донорні, першого роду), або в мета- (акцепторні, другого роду) положення. Також має вплив стеричне оточення місця атаки електрофілу. В першому випадку, є узгоджена орієнтація обох замісників, але орто-положення по відношенню до алкільного замісника більш стерично утруднено, тож електрофільна атака буде відбуватись по пара-положенню. В другому випадку ОН група є найсильнішим донором і тому орієнтує заміщення по єдиному вільному орто-положенню. В третьому випадку положення між трет-бутильними групами занадто стерично утруднено, тож заміщення йде в інші еквівалентні між собою орто-положення.

В якості іншого типу ароматичного заміщення можна навести приклад отримання наступного етеру:

3.6. **Чому відбувається заміщення** атому флуору, а не нітро-групи? **Як зміниться** профіль реакційної здатності арену, якщо замінити атом флуору на атом хлору? **Наведіть пояснення**, спираючись на механізм перетворення.

Заміщення атому флуору відбувається тому, що нітро-група здатна стабілізувати в інтермедіаті негативний заряд на сусідньому атомі набагато краще за флуор:

При заміні флуору на хлор реакційна здатність арену суттєво знизиться. Це пов'язано з тим, що лімітуючою стадією є саме приєднання нуклеофілу, а флуор є сильнішим акцептором за хлор. За рахунок найбільшої електронегативності серед всіх елементів та відповідно великого індуктивного ефекту флуор сильніше активує зв'язаний з собою атом карбону до нуклеофільної атаки та стабілізує проміжний аніонний інтермедіат. Таким чином, наявність флуору значно підвищує швидкість приєднання метилат-аніону.

3.7. Наведіть структури продуктів наступних реакцій заміщення:

Завдання 11.4. Стародавня блакить

Автор: Друженко Тетяна

Єгиптологиня Кліо, зацікавившись хімічним складом синьої фарби **A** на розписах давньоєгипетських храмів, встановила, що барвник **A** містить 10,66% Кальцію та 16,90% Купруму. Кліо зробила припущення про ймовірний склад барвника, і, аби їх перевірити, провела альтернативний синтез сполуки **A**. У результаті спікання 11,06 г подрібненого мінералу **B**, 10,01 г кальцій карбонату та 24,03 г кварцевого піску було одержано 37,60 г барвника **A**.

4.1. Розшифруйте сполуки A і B, якщо відомо, що речовина **B** містить 57,48% Купруму, утворюється при тривалому зберіганні мідних виробів на вологому повітрі, а при нагріванні виділяє вуглекислий газ і воду.

B – $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$.

Припустимо, що формульна одиниця **A** містить один атом Купруму, і відповідно один атом Кальцію. Тоді молярна маса **A** складе 376,04 г/моль. Віднявши від одержаного значення атомні маси Купруму й Кальцію, одержимо 272,41 г/моль. Оскільки пісок – це SiO_2 , ймовірно, що **A** містить Силіцій та Оксиген. Кальцій карбонат і кварцевий пісок взаємодіють у мольному співвідношенні 1:4, тож атомів Силіцію у формульній одиниці **A** чотири, а Оксигену – $(272,41 - 4 \cdot 28,09)/16 = 10$. Отже, **A** – $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$.

A	B
$\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$	$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$

4.2. Напишіть рівняння реакції синтезу барвника A.

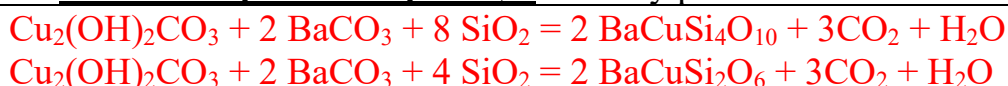


Китайська мистецтвознавиця Тянь, ім'я якої у перекладі з китайської означає «небо», розповіла Кліо, що з часів династії Чжоу китайці виготовляли синю барву схожим способом, але замість кальцій карбонату використовували барій карбонат. Темно-синій барвник **C** ($w(\text{Ba}) = 29,02\%$) можна одержати спіканням 11,06 г подрібненого мінералу **B**, 19,73 г барій карбонату та 24,03 г кварцевого піску. Якщо змішати такі ж кількості **B** та барій карбонату, але взяти удвічі менше піску, можна отримати фіолетовий барвник **D** ($w(\text{Ba}) = 38,90\%$).

4.3. Встановіть брунто-формули сполук C та D.

C	D
$\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$	$\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$

4.4. Напишіть рівняння реакції синтезу речовин C і D.

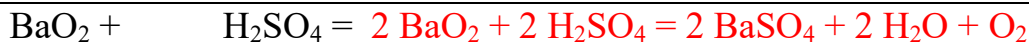


Сполуки барію широко застосовують для одержання деяких кислот і оксидів, а також... озону. Для цього їх обробляють сульфатною кислотою. Реакція відбувається легко і до кінця, адже барій сульфат є...

4.5. **Вкажіть слово**, якого бракує в останньому реченні.

Нерозчинним / осадом

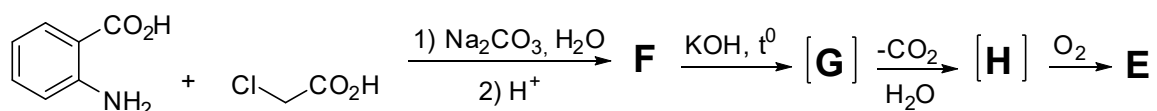
4.6. **Допишіть** наступні рівняння реакцій та **розставте** коефіцієнти в них.



Завдання 11.5. Стародавня блакить 2

Автор: Друженко Тетяна

Мексиканський археолог Родріго розповів колегам з Єгипту і Китаю, що ацтеки також знали блакитні фарби, а саме барвник **Е**, який екстрагували з листя індигофери. За даними елементного аналізу, сполука **Е** містить 73,27% Карбону, 3,84% Гідрогену, 10,68% Нітрогену, решта – Оксиген. Одним зі способів одержання **Е** є кип'ятіння *o*-амінобензойної та хлороцтової кислоти у водному розчині натрій карбонату. При підкисленні розчину утворюється двохосновна кислота **Г**, яка не містить хлору. При спіканні з лугом **Г** вступає у внутрішньомолекулярну конденсацію, продуктом якої є калієва сіль кетокислоти **Н**, яка за умов реакції декарбоксілюється, утворюючи нестабільний амінокетон **Е**. У присутності кисню **Н** димеризується з утворенням цільового барвника **Е**.



5.1. За даними елементного аналізу **визначте брутто-формулу** сполуки **Е**.

$\text{C}_8\text{H}_5\text{NO}$

5.2. **Зобразіть структурні формули** сполук **Г**, **Н**, **Е**.

Г	Н
Е	Е

--	--

5.3. Світло якого кольору поглинає барвник E?

Помаранчеве

Максимум поглинання барвника E становить 613 нм.

5.4. Визначте енергію фотона та частоту коливань світла з цією довжиною хвилі:

Швидкість у вакуумі: Швидкість світла у вакуумі є постійною для світла з будь-якою довжиною хвилі: $3,0 \times 10^8$ м/с. У середовищі (повітря, вода, скло) швидкість світла з різними довжинами хвилі є різною.

Енергія фотона: $E = hc/\lambda = 3,24 \times 10^{-19}$ Дж.

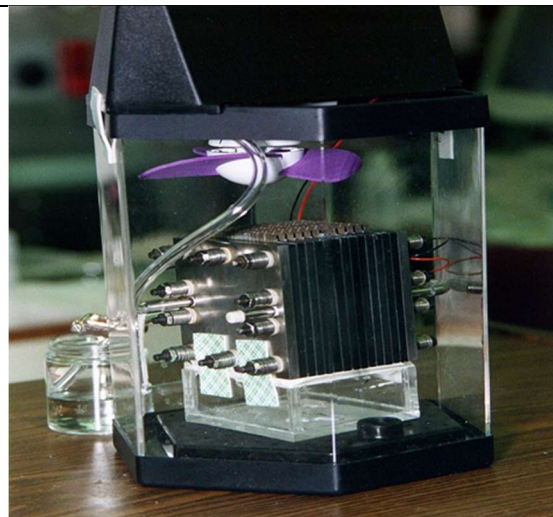
Частота хвилі: $\nu = E/h = c/\lambda = 4,89 \times 10^{14}$ Гц.

Завдання 11.6. Метанольний паливний елемент

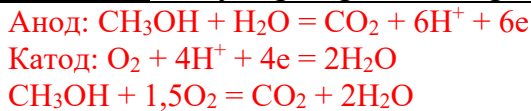
Автор: Беда Олександр

Значного розповсюдження починають набувати «прямі» паливні елементи, в яких у послідовно з'єднаних комірках, де анодний та катодний простори розділені мембранами, на спеціальних каталізаторах відбувається окиснення палива без його крекінгу. Прямий метанольний паливний елемент працює за умов, близьких до кімнатних.

Вам пропонується обчислити термодинаміку паливного елемента, в який подаються метанол та повітря за атмосферного тиску та температури 50°C . Вважайте, що утворюється (і виводиться повітрям) водяна пара, а не рідка вода.



6.1. Які напівреакції відбуваються на аноді та катоді? **Запишіть їхні рівняння** та сумарне рівняння реакції.



6.2. Що є носієм струму всередині паливного елемента? Поставте знак «+» навпроти правильної відповіді.

Вода	
Метанол	
Іони H^+ (H_3O^+)	+
Іони OH^-	
Електрони	
Іони Na^+	

6.3. Наведіть розрахунок ΔG°_{323} , ΔH°_{323} , ΔS°_{323} процесу, що відбувається. **Заповніть порожню клітинку** у таблиці з довідковими даними.

Довідково: залежності ентальпії та ентропії від температури мають вигляд:

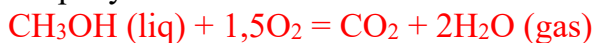
$$\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \Delta c_p(T_2 - T_1)$$

$$\Delta S_{T_2} = \Delta S_{T_1} + \Delta c_p \ln(T_2/T_1)$$

В рамках цієї задачі вважаємо, що теплоємності речовин c_p не залежать від х температури

	$\Delta H^\circ_{f, 298}$, кДж/моль	S°_{298} , Дж·К ⁻¹ ·моль ⁻¹	c_p , Дж·К ⁻¹ ·моль ⁻¹
$\text{CH}_3\text{OH} (\text{liq})$	-238,4	127,19	81,1
$\text{H}_2\text{O} (\text{gas})$	-241,83	188,84	35,2
CO_2	-393,52	213,79	37,2
O_2	0	205,15	29,4

Розрахунок:



$$\Delta c_p = 37,2 + 2 \cdot 35,2 - 1,5 \cdot 29,4 - 81,1 = -17,6 \text{ (Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}\text{)}$$

$$\Delta H^\circ_{298} = -393,52 + 2 \cdot (-241,83) - 1,5 \cdot 0 - (-238,4) = -638,78 \text{ (кДж} \cdot \text{моль}^{-1}\text{)}$$

$$\Delta H^\circ_{323} = -638,78 \cdot 10^3 + (-17,6) \cdot 25 = -639,22 \cdot 10^3 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} = -639,22 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$$

$$\Delta S^\circ_{298} = 213,79 + 2 \cdot 188,84 - 1,5 \cdot 205,15 - 127,19 = 156,56 \text{ (Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}\text{)}$$

$$\Delta S^\circ_{323} = 156,56 - 17,6 \cdot \ln(323/298) = 155,14 \text{ (Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}\text{)}$$

$$\Delta G^\circ_{323} = -639,22 \cdot 10^3 - 323 \cdot 155,14 = -689,33 \cdot 10^3 \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1} = -689,33 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$$

ΔH°_{323}	ΔS°_{323}	ΔG°_{323}
-639,22 кДж·моль ⁻¹	155,14 Дж·К ⁻¹ ·моль ⁻¹	-689,33 кДж·моль ⁻¹

6.4. **Яким буде ЕРС** такого паливного елемента? Якщо в п. 3 ви не розраховали ΔG , прийміть його за -750 кДж/(моль метанолу).

$$E = -\Delta G / (nF) = 689,33 \cdot 10^3 / (6 \cdot 96485) = 1,19 \text{ В}$$

Для $\Delta G = -750$ кДж/(моль метанолу) буде 1,29 В

$E =$	1,19 В
-------	--------

Ноутбук, за яким автор пише цю задачу, використовує 30 Вт електричної потужності.

6.5. **Яку масу метанолу** та **який об'єм повітря** потрібно подавати **кожну годину** роботи, якщо ноутбук живиться таким паливним елементом, а практична ефективність становить 40%?

$$30 \text{ Вт} \cdot 1 \text{ год} = 30 \text{ Дж} \cdot \text{с}^{-1} \cdot 3600 \text{ с} = 108 \text{ кДж}$$

при практичній ефективності 40% реакція має теоретично дати $108/0,4 = 270$ кДж роботи електричного струму.

$$270/689,33 = 0,39 \text{ моль метанолу (12,5 г)}$$

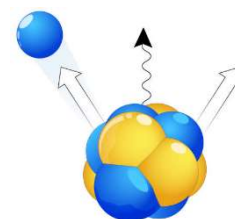
$1,5 \cdot 0,39 = 0,59$ моль кисню (молярний об'єм при 50°C становить 26,5 л, отже $0,59 \cdot 26,5 = 15,6$ л). Кисню в повітрі 21% об., отже 74,3 л повітря.

Для 750 кДж відповіді будуть 11,5 грам метанолу та 68,3 л повітря.

Завдання 11.7. Розпад

Автор: Ляпунов Олександр

Радіоактивний розпад ядер – явище, яке постійно відбувається у навколишньому середовищі. Існує гіпотеза, що це стало однією з причин виникнення життя та може стати причиною його зникнення. Найбільш поширеними є: альфа (α), бета (β^- ; β^+), протонний розпади (p^+) та спонтанний поділ (SF). Перші чотири супроводжуються випромінюванням відповідних частинок, останній – утворенням двох нуклідів та декількох нейтронів.



7.1. **Заповніть** таблицю рівняннями відповідних реакцій:

Тип розпаду	Вихідний нуклід	Рівняння реакції
α	$^{167}_{75}\text{Re}$	$^{167}_{75}\text{Re} \longrightarrow ^{163}_{73}\text{Ta} + ^4_2\text{He}$
β^-	$^{118}_{49}\text{In}$	$^{118}_{49}\text{In} \longrightarrow ^{118}_{50}\text{Sn} + e^- + \bar{\nu}_e$
β^+	$^{45}_{24}\text{Cr}$	$^{45}_{24}\text{Cr} \longrightarrow ^{45}_{23}\text{V} + e^+ + \nu_e$

p ⁺	⁶⁹ Br	${}_{35}^{69}\text{Br} \longrightarrow {}_{34}^{68}\text{Se} + {}_1^1\text{p}^+$
SF	²⁴² Fm	${}_{100}^{242}\text{Fm} \longrightarrow {}_{48}^{118}\text{Cd} + {}_{52}^{121}\text{Te} + 3{}_0^1\text{n}^0$

Гама випромінювання (γ) зазвичай супроводжує всі типи радіоактивного розпаду. Але при ізомерному переході воно є єдиним типом випромінювання. При цьому відбувається перехід між двома енергетичними станами одного нукліду, різниця маси випромінюється у вигляді гама- та рентгенівських квантів. Прикладом такого перетворення є перехід ${}^{178\text{m}2}\text{Hf} \rightarrow {}^{178}\text{Hf}$, адже при цьому виділяється величезна кількість енергії: $3,9184 \cdot 10^{-13}$ Дж/атом.

7.2. Розрахуйте кількість енергії, що виділиться при повному перетворенні цього нукліду, що міститься у зразку природного Гафнію масою 5,0029 г, якщо його вміст 0,079%.

$$E = \frac{5,0029 \times 0,079 \times 3,9184 \cdot 10^{-13} \times 6,022 \cdot 10^{23}}{100 \times 178,49} = 5,225 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 5,225 \text{ МДж}$$

7.3. Розрахуйте точну відносну атомну масу нукліду ${}^{178\text{m}2}\text{Hf}$, якщо відносна атомна маса нукліду ${}^{178}\text{Hf}$ становить 177,9437.

$$\Delta m = \Delta E / c^2$$

$$\Delta m = \frac{3,9184 \cdot 10^{-13} \times 6,022 \cdot 10^{23}}{(2,998 \cdot 10^8)^2} = 2,625 \cdot 10^{-6} \text{ кг/моль} = 0,002625 \text{ г/моль або а.о.м.}$$

Маса нукліду ${}^{178\text{m}2}\text{Hf}$ дорівнює відповідно 177,9463

Інша цікава особливість ${}^{178\text{m}2}\text{Hf}$ – здатність до вимушеного поділу, що теоретично могло б дозволити створювати зброю з потужністю, що наближається до ядерної, але при цьому не залишає радіоактивного забруднення. Уявіть, що вченим вдалося синтезувати нуклід ${}^{178\text{m}2}\text{Hf}$ в достатній кількості та з чистотою 99,9999%, що відповідає реактиву кваліфікації «ос.ч.1–4». При зберіганні поступово його чистота зменшується через розпад.

7.4. Розрахуйте максимальний час після виготовлення, впродовж якого кваліфікація реактиву буде відповідати «ос.ч.1–2», «х.ч.», «ч.д.а.» та «ч.», відповідно. Чистота та мінімальний вміст речовини для цієї кваліфікації наведено у таблиці. Період напіврозпаду ${}^{178\text{m}2}\text{Hf}$ дорівнює 31 рік.

Кваліфікація	Чистота, %	Час зберігання, діб
«ос.ч.1–4»	99,9999	0

«ос.ч.1–2»	99,99	1,62
«х.ч.»	99,9	16,32
«ч.д.а.»	99,0	164,05
«ч.»	97,0	497,20

Кінетика радіоактивного розпаду описується рівнянням першого порядку. Значення константи швидкості $k = \ln 2 / T_{1/2} = 0,02236 \text{ років}^{-1}$.

При зберіганні чистота, або вміст основного компоненту поступово знижується, отже майже одразу після виготовлення реактив втрачає вихідну кваліфікацію «ос.ч.1–4» та переходить до наступної «ос.ч.1–2». Її він зберігає допоки вміст основної речовини не зменшиться нижче зазначеного для даної кваліфікації.

Отже, за рівнянням $t = \ln(C_0/C)/k$, використовуючи початкову концентрацію та мінімальну концентрацію для даної кваліфікації, можна знайти максимальний час, впродовж якого речовина зберігатиме зазначену кваліфікацію.

$$\ln\left(\frac{99,9999}{99,99}\right) / 0,02236 = 0,004428 \text{ років} = 1,62 \text{ діб} \quad \text{«ос.ч.1–4»} \rightarrow \text{«ос.ч.1–2»}$$

$$\ln\left(\frac{99,9999}{99,9}\right) / 0,02236 = 0,0447 \text{ років} = 16,32 \text{ діб} \quad \text{«ос.ч.1–2»} \rightarrow \text{«х.ч.»}$$

$$\ln\left(\frac{99,9999}{99,0}\right) / 0,02236 = 0,4494 \text{ років} = 164,05 \text{ діб} \quad \text{«х.ч.»} \rightarrow \text{«ч.д.а.»}$$

$$\ln\left(\frac{99,9999}{97,0}\right) / 0,02236 = 1,3622 \text{ років} = 497,20 \text{ діб} \quad \text{«ч.д.а.»} \rightarrow \text{«ч.»}$$

Завдання 11.8. Стерті записи на дошці...

Автор: Кона Іван

В один із ранніх ранків юний хімік завітав до аудиторії та помітив на дошці таблицю. На жаль, частина інформації була стерта, тому юнак вирішив відновити її. Проте завдання виявилось не таким легким, як здалося на перший погляд. Спробуйте і ви розгадати таємницю таблиці! Відновіть всі записи, замінені буквами X_1 - X_{10} (це можуть бути як числа, так і слова). Підтвердіть свої відповіді розрахунками.

Речовина	H ₂ O	NaOH	H ₂ SO ₄	NH ₃	NaHCO ₃	X ₆
с, моль/л	X ₁	0,01	X ₃	10 ⁻⁴	0,1	0,01
pH	7,0	X ₂	1,8	X ₄	X ₅	3,9

8.1. Визначте числа X_1 - X_3 .

- **Визначимо концентрацію H₂O у воді:**

$$c = \frac{n}{V} = \frac{m/M}{V} = \frac{\rho}{M} = \frac{1000 \text{ г/л}}{18 \text{ г/моль}} = 55,56 \text{ моль/л}$$

- Визначимо рН розчину NaOH – сильна основа ($[\text{OH}^-] = c(\text{NaOH}) = 0,01$):

$$p\text{OH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log(0,01) = 2$$

$$p\text{H} = 14 - p\text{OH} = 12,0$$

- Визначимо концентрацію H_2SO_4 – сильна кислота ($c(\text{H}_2\text{SO}_4) = [\text{H}^+]/2$):

$$[\text{H}^+] = 10^{-p\text{H}} = 10^{-1,8} = 0,0158 \text{ моль/л}$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,0158/2 = 7,92 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

X ₁	X ₂	X ₃
55,56	12	$7,92 \cdot 10^{-3}$

8.2. Знайдіть числа X₄-X₅, користуючись довідковими даними: $\lg K_a(\text{NH}_4^+) = -9,24$, $\lg K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = -6,35$, $\lg K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = -10,33$.

- Визначимо рН розчину NH_3 – слабка основа

$$K_b = 10^{-pK_b} = 10^{-pK_b} = 10^{pK_a - 14} = 10^{9,24 - 14} = 1,74 \cdot 10^{-5}$$

Реакція гідролізу: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x^2}{10^{-4} - x} = 1,74 \cdot 10^{-5}$$

Звідки $[\text{OH}^-] = x = 3,4 \cdot 10^{-5}$ моль/л

$$p\text{OH} = -\log(3,4 \cdot 10^{-5}) = 4,46$$

$$p\text{H} = 14 - p\text{OH} = 9,53$$

Оскільки концентрація низька, а K_b – досить велике, нехтувати зміною концентрації амоніаку у знаменнику не бажано. Нехтуючи цим і розв'язавши у загальному вигляді, отримуємо рН = 9,62.

- Визначимо рН розчину NaHCO_3 – амфоліт:

$$p\text{H} = \frac{pK_{a1} + pK_{a2}}{2} = \frac{6,35 + 10,33}{2} = 8,34$$

X ₄	X ₅
9,53	8,34

8.3. Визначте pK_a кислоти X₆, знаючи, що це одноосновна слабка кислота. За даними таблиці нижче **знайдіть**, про яку саме **кислоту** йдеться.

Визначимо $[\text{H}^+]$ у даному розчині:

$$[\text{H}^+] = 10^{-3,9} = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{(1,26 \cdot 10^{-4})^2}{0,01 - 1,26 \cdot 10^{-4}} = 1,61 \cdot 10^{-6}$$

$$pK_a = -\log(K_a) = -\log(1,61 \cdot 10^{-6}) = 5,79 \text{ (Бензойна кислота)}$$

Кислота	Плавікова	Мурашина	Оцтова	Бензойна	Сінільна
pKa	3,25	3,75	4,76	5,79	9,21

На іншій частині дошки було написано наступні речення:

«Змішати X_7 мл 0,005 М розчину натрій дигідрогенортофосфату та X_8 мл 0,015 М розчину натрій моногідрогенортофосфату для отримання 100 мл буферного розчину з рН 8,4»

«Аргентум хлорид погано розчиняється в воді – X_9 г/100 мл, але ще гірше в 0,05 М розчині натрій хлориду – X_{10} г/100 мл»

8.4. Визначте об'єми розчинів X_7 та X_8 , користуючись довідковими даними: $\lg K_{a1}(\text{H}_3\text{PO}_4) = -2,15$, $\lg K_{a2}(\text{H}_3\text{PO}_4) = -7,2$, $\lg K_{a3}(\text{H}_3\text{PO}_4) = -12,35$.

Формула Гендерсона-Гасельбаха:

$$pH = pKa + \lg \left(\frac{[A^-]}{[HA]} \right)$$

Серед наведених речовин NaH_2PO_4 – кислота HA , Na_2HPO_4 – основа A^- . Беремо другу константу кислотності $\lg K_{a2}(\text{H}_3\text{PO}_4) = -7,2$.

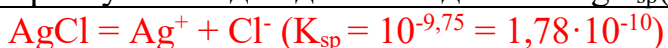
$$\frac{[\text{Na}_2\text{HPO}_4]}{[\text{NaH}_2\text{PO}_4]} = 10^{pH-pK} = 10^{8,4-7,2} = 15,85$$

$$\frac{V(\text{Na}_2\text{HPO}_4)}{V(\text{NaH}_2\text{PO}_4)} = 15,85 \cdot \frac{0,005}{0,015} = 5,28$$

Тоді, якщо загальний об'єм 100 мл, $V(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 15,9$ мл, а $V(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 84,1$ мл

X_7	X_8
15,9	84,1

8.5. Визначте розчинності X_9 - X_{10} , що є розчинністю в г/100 мл AgCl , користуючись довідковими даними: $\lg K_{sp}(\text{AgCl}) = -9,75$.



- Визначимо розчинність AgCl у воді:

$$s = \sqrt{K_{sp}} = \sqrt{1,78 \cdot 10^{-10}} = 1,33 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$$

Тоді у г/100 мл розчинність становить $1,91 \cdot 10^{-4}$

- Визначимо розчинність AgCl у розчині NaCl ($[\text{Cl}^-] = 0,05 \text{ М}$):

$$s = \frac{K_{sp}}{[\text{Cl}^-]} = \frac{1,78 \cdot 10^{-10}}{0,05} = 3,56 \cdot 10^{-9}$$

Тоді у г/100 мл розчинність становить $5,11 \cdot 10^{-8}$

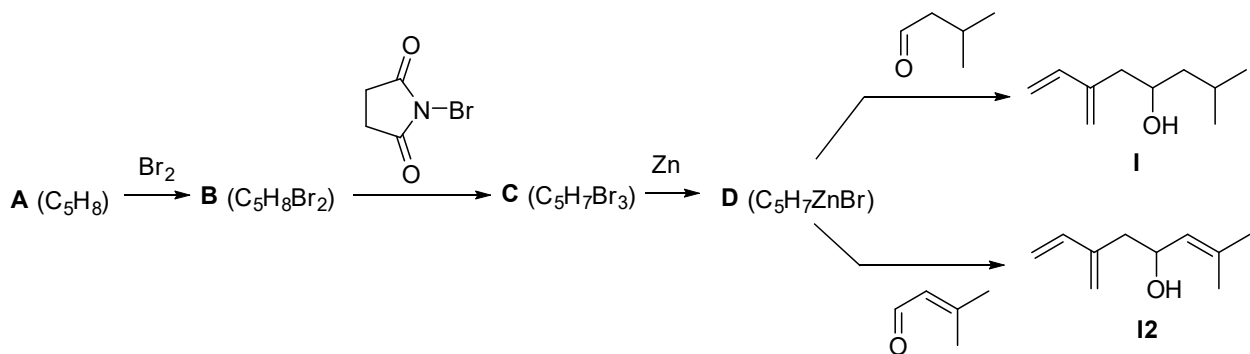
X_9	X_{10}
$1,91 \cdot 10^{-4}$	$5,11 \cdot 10^{-8}$

11 клас. II тур

Завдання 11.1. Хімія кохання жуків

Автор: Друженко Тетяна

Самці жуків-короїдів приваблюють самиць за допомогою феромонів – сполук **I** та **I2**. Вихідною сполукою для їх синтезу є розгалужений дієн **A**, багатотоннажний продукт хімічної промисловості. Продуктом 1,4-приєднання молекули бромю до **A** є алкен **B**, радикальне бромування якого в алільне положення дає трибромід **C**. Продукт **C** реагує з цинком з утворенням цинкорганічного дієну **D**, який не містить атомів Бромю, безпосередньо зв'язаних з атомами Карбону. Приєднання **D** до альдегідів з подальшою обробкою реакційних сумішей водою веде до утворення цільових продуктів **I** та **I2**.



1.1. Зобразіть структурні формули сполук **A**, **B**, **C** та **D**.

A	B
C	D

1.2. Наведіть механізми утворення **B** та **C**.

Механізм утворення **B**

Механізм утворення С

- 1.3. **Чому** дієн А є чутливим до дії радикальних ініціаторів та кислот Льюїса? **Наведіть** схему відповідного перетворення для одного з варіантів активації.

При дії радикальних ініціаторів та кислот Льюїса ізопрен полімеризується

- 1.4. Реакція Дільса-Альдера є реакцією [4+2]-циклоприєднання, у якій беруть участь дієн та дієнофіл. **Наведіть** продукти взаємодії А з естерами малеїнової та фумарової кислот. **Зобразіть** їх відносну стереохімічну конфігурацію.

Якщо Ви НЕ ВСТАНОВИЛИ структурну формулу сполуки А, вважайте, що це – бута-1,3-дієн.

F	G

Завдання 11.2. Dead Space 2

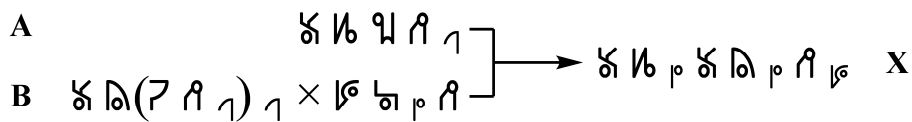
Автор: Ляпунов Олександр

«Я вже не вірю, що ми контролюємо проект, якщо взагалі контролювали коли-небудь. Ми не знаємо, як будувати цю штуку. Воно будує саме себе нашими руками! І намагається звільнитись.

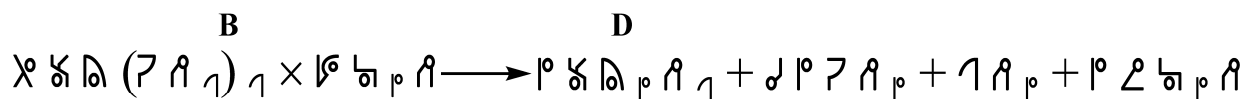
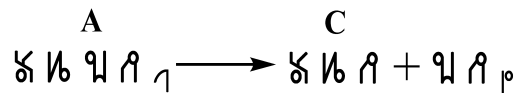
Відчайдушно.»

Dead Space 2.

Червоний Обеліск – рукотворна копія Чорного Обеліску, артефакту позаземного походження, яка таємно створена вченими. Згідно з легендою, червоний колір Обеліску надає речовина **X**, яку отримують при спіканні сполук **A** та **B**. Їх формули зашифровано у візерунках на поверхні Обеліску:



Вихідні сполуки **A** та **B** при нагріванні розкладаються за рівняннями:



Відомо, що при розкладі 10,0 г речовини **A** утворюється бінарна речовина **C** та 2,23 г газу, який має густину 1,964 г/л за н.у.

При прожарюванні речовини **B** утворюється тверда бінарна речовина **D** та газова фаза, при охолодженні якої утворюється лише розчин нітратної кислоти з концентрацією 75%. При відновленні речовини **D** воднем до простої речовини втрата маси становить 10,3%.

2.1. Визначте речовини **A–D**, **розшифруйте** алфавіт прибульців, та **встановіть** формулу речовини **X**.

A		B			C		D			X		
BaCO ₃		Bi(NO ₃) ₃ ×5H ₂ O			BaO		Bi ₂ O ₃			Ba ₂ Bi ₂ O ₅		
Ѓ	Ѓ	ђ	Ѓ	Ѓ	ђ	ђ	Ѓ	Ѓ	ђ	Ѓ	Ѓ	Ѓ
A	B	C	H	I	N	O	1	2	3	4	5	0
							Ступінь окиснення	M(металу), г/моль	Можливий елемент			
							1	68,655	–			
							2	137,31	Ba			
							3	205,965	–			

4	274,62	–
5	343,275	–

Ступінь окиснення	M(металу), г/моль	Можливий елемент
1	69,67	–
2	139,34	La?
3	209,00	Bi
4	278,68	–

Знайдемо молярну масу невідомого газу з його густини: $M = (22,4 \times 1,964) = 44$ г/моль.

Найімовірніше, це CO_2 , тоді речовини **A** та **C**, очевидно карбонат та оксид.

Знайдемо молярну масу еквіваленту металу:

$$M_{\text{екв}}(\text{металу}) = \frac{(10-2,23) \times 44}{2,23 \times 2} - 8 = 68,655 \text{ г/моль}$$

Отже, сполука **A** – $BaCO_3$.

Очевидно, сполука **B** – кристалогідрат нітрату металу, **D** – його оксид.

$$M_{\text{екв}}(\text{металу}) = \frac{(1-0,103) \times 8}{0,103} = 69,67 \text{ г/моль}$$

Отже, **B** – $Bi(NO_3)_3 \times ?H_2O$

Виходячи з концентрації нітратної кислоти можна знайти співвідношення N:H та визначити формулу гідрату: $n(N) = \frac{75}{63} = 1,19$ моль, $n(H) = \frac{(100-75) \times 2}{18} + 1,19 = 3,966$ моль. N:H = 1:3.33 або 3:10. Оскільки весь Нітроген входить до складу нітрату (3:1 до Бісмуту), а Гідроген – у воду, формула **B** – $Bi(NO_3)_3 \times 5H_2O$

Напишемо рівняння розкладу та розшифруємо невідомі символи:

$$\text{BaCO}_3 \longrightarrow \text{BaO} + \text{CO}_2$$

$$4Bi(NO_3)_3 \times 5H_2O \longrightarrow 2Bi_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2 + 20H_2O$$

Цього достатньо для дешифрування алфавіту, звідки формула **X**:

$$Ba_2Bi_2O_5 \quad X$$

Метал, що входить до складу **D**, використовують у якості теплоносія деяких типів атомних реакторів. Це дозволяє суттєво зменшити розміри реактору та покращити його характеристики. Проте його постійне опромінення в активній зоні призводить до низки ядерних реакцій, внаслідок чого накопичується радіоактивний нуклід елемента **Y**.

2.2. Розрахуйте період напіврозпаду цього нукліду, якщо питома активність його зразка (число розпадів на одиницю маси за одиницю часу) знижується на 9,53% кожні 20 діб.

$$T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\frac{1}{20} \ln\left(\frac{100}{100-9.53}\right)} = 138,4 \text{ діб}$$

Відомо, що заряд ядра нукліду Y більший на 1 за вихідний елемент, а сам нуклід зазнає α -розпаду, втрачаючи 1% маси за 148,6 діб.

2.3. Розрахуйте нуклонне число Y, **напишіть** рівняння згаданих ядерних реакцій (при розрахунках використовуйте значення відносних атомних мас, округлені до цілих). (Якщо ви не змогли розрахувати період напіврозпаду з попереднього пункту, прийміть $T_{1/2} = 129$ діб).

Знайдемо вміст нуклідів у суміші на зазначений момент часу:

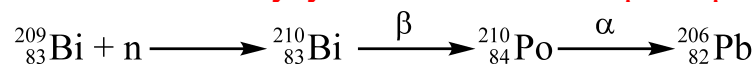
$$k = \frac{\ln(2)}{T_{1/2}} = 5,008 \cdot 10^{-3} \text{ діб}^{-1}, \text{ прийнявши вихідну кількість Y за 1 моль,}$$

отримаємо рівняння:

$$\left(\frac{1}{c(Y)}\right) = e^{5,008 \cdot 10^{-3} \times 148,6} = 2,105; \text{ звідки вміст Y} = 0,475$$

$$\text{Втрата маси} = \frac{M-4 \times 0,525}{M} = 0,99; \text{ звідки } M = 210 \text{ (220 за } T_{1/2} = 129)$$

Виходячи з Бісмуту весь ланцюжок перетворень:



Завдання 11.3. Перетворення

Автор: Ляшук Олександр

Масові частки металів в бінарних сполуках корунд і галіт складають 52,92% і 39,34% відповідно.

3.1. Співвіднесіть назви мінералів з їх хімічною формулою.

Розрахунок:			
Корунд	Al_2O_3	Галіт	NaCl

3.2. Розшифруйте сполуки X₁–X₉, враховуючи, що X₃ - X₉ мають органічну природу.

X ₁	X ₂	X ₃
Cl ₂	Al ₄ C ₃	CH ₄
X ₄	X ₅	X ₆
CH ₃ Cl	C ₂ H ₆	C ₂ H ₅ Cl
X ₇	X ₈	X ₉
CH ₃ CH ₂ OH	CH ₃ CHO	CH ₃ CH(OH)CH ₃

3.3. Знайдіть сполуки M₁, M₂, Y₁, Y₂.

M ₁	M ₂	Y ₁	Y ₂
Na	Al	Al(OH) ₃	NaOH

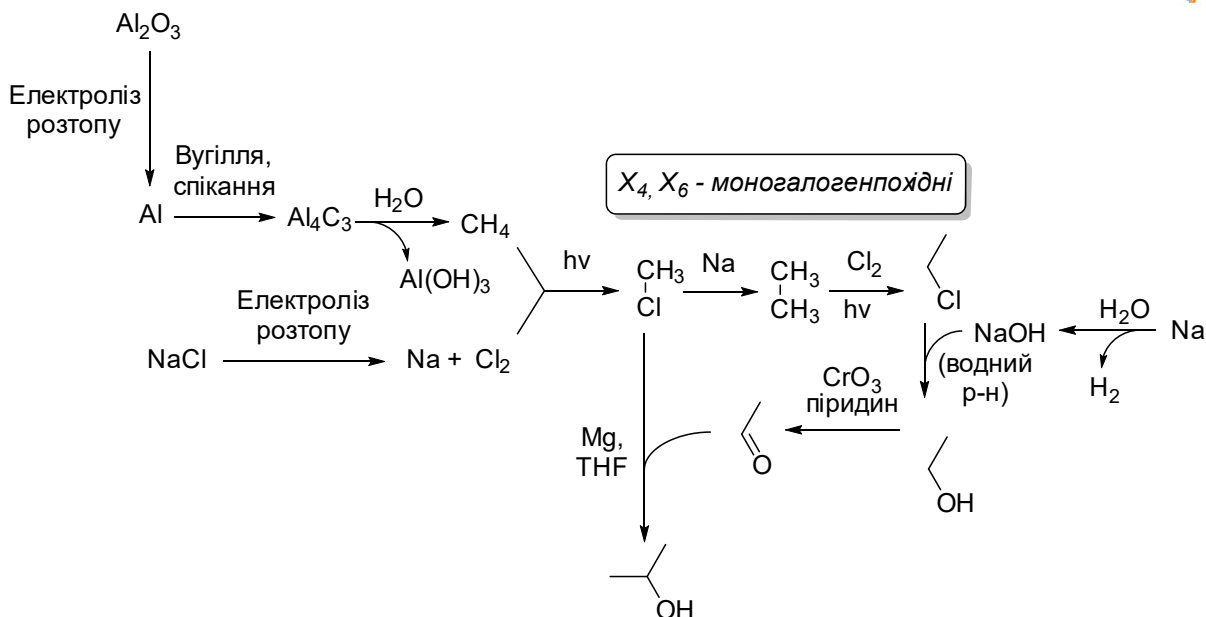
3.4. Запишіть рівняння реакції X₄+X₈ і запропонуйте умови її проведення.

X ₄ +X ₈ =	CH ₃ Cl + CH ₃ CHO = CH ₃ CH(OH)CH ₃ Умови проведення реакції – кип'ятіння, Mg, ТГФ (тетрагідрофуран)
----------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3.5. Які можливі побічні продукти можуть спостерігатися при отриманні сполуки X₄?

Вказати три основних.





Завдання 11.4. Сірі порошки

Автор: Іваниця Микита

Хімік Олег досліджував полиці старої хімічної органічної лабораторії і знайшов полицю, на якій стояли різноманітні банки з ароматичними нітросполуками. Проте поміж банок з органічними формулами знайшлися три банки з сірими порошками **X**, **Y** та **Z**. Надписи на банках стерлися, а тому Олег вирішив самостійно визначити вміст банок. Виявилось, що всі три порошки реагують з водним розчином хлоридної кислоти з виділенням газу **G1**, а зі сполук **X**, **Y** та **Z** утворюються розчини речовин **A**, **B** та **C** відповідно. Лише розчин речовини **C** має забарвлення, а саме блідо-зелене, проте при тривалому контакті з повітрям колір розчину змінюється на жовтий.

З наявними розчинами було проведено серію експериментів. Так, при поступовому додаванні розчину **NaOH** до розчинів речовин **A** та **B** відбулося випадання білих осадів **D** та **E** відповідно. Надлишок лугу призводив до їх розчинення з утворенням прозорих розчинів сполук **H** та **I**. При додаванні розчину **NaOH** до розчину речовини **C** також відбулося випадання осаду **F**, але зеленого кольору. Додавання надлишку лугу не мало жодного ефекту.

Далі до розчинів речовин **A**, **B** та **C** додали надлишок концентрованого розчину амоніаку. З розчину речовини **A** спочатку спостерігалось випадання осаду **D**, який при додаванні більшої кількості реагенту розчинявся з утворенням прозорого розчину речовини **J**. За аналогічних умов з розчинів речовин **B** та **C** було одержано вже знайомі осад **E** та **F**.

Потім до розчинів речовин **A**, **B** та **C** по краплях додали насичений розчин натрій карбонату. З розчину речовини **A** випав білий кристалічний осад **K**, з розчину речовини **B** спостерігалось випадання осаду **E**, а також виділення газу **G2**. У випадку розчину **C** утворився осад іншого відтінку зеленого **L**.

Врешті решт, до трьох основних розчинів було додано розчин натрій сульфід. При цьому з розчину речовини **A** випав білий осад **M**, з розчину речовини **B** знову утворився осад **E** та виділювався газ з запахом тухлих яєць **G3**, а з розчину речовини **C** випав чорний осад **N**.

4.1. На основі проведених експериментів, заповніть таблицю спостережень хіміка Олега. Випадання осаду позначте ↓ з відповідним кольором, виділення газу позначте ↑, розчинення позначте великою буквою **P**.

Реагент	A	B	C
NaOH	білий ↓	білий ↓	зелений ↓
NaOH (надлишок)	P	P	зелений ↓
розчин NH ₃ (надлишок)	білий ↓ + P	білий ↓	зелений ↓
Na ₂ CO ₃	білий ↓	білий ↓ + ↑	зелений ↓
Na ₂ S	білий ↓	білий ↓ + ↑	чорний ↓

На основі спостережень хімік Олег зробив висновки стосовно складу порошків **X**, **Y** та **Z**. Для підтвердження своєї гіпотези він розчинив по 1 г кожного порошку у хлоридній кислоті з одержанням розчинів речовин **A**, **B** та **C**, а потім відігнав воду з утворенням 3,19 г білого кристалогідрату **A'**, 8,95 г білого кристалогідрату **B'**, та 3,56 г зеленуватого кристалогідрату **C'**, який з часом змінює колір.

4.2. Визначте речовини X, Y, Z та сполуки A-N.

X	Y	Z	A	B	C
Zn	Al	Fe	ZnCl ₂ (aq)	AlCl ₃ (aq)	FeCl ₂ (aq)
A'		B'		C'	
ZnCl ₂ ·4H ₂ O		AlCl ₃ ·6H ₂ O		FeCl ₂ ·4H ₂ O	
D	E	F	G1	G2	G3
Zn(OH) ₂	Al(OH) ₃	Fe(OH) ₂	H ₂	CO ₂	H ₂ S
H		I		J	
Na ₂ Zn(OH) ₄		NaAl(OH) ₄ або Na ₃ Al(OH) ₆		[Zn(NH ₃) ₄](OH) ₂	
K	L		M	N	
ZnCO ₃	FeCO ₃		ZnS	FeS	

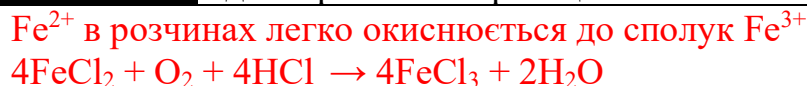
4.3. Запишіть рівняння реакцій що відбулися.

X → A + G1	Zn + 2HCl → ZnCl ₂ + H ₂
Y → B + G1	2Al + 6HCl → 2AlCl ₃ + 3H ₂
Z → C + G1	Fe + 2HCl → FeCl ₂ + H ₂
A → D	ZnCl ₂ + 2NaOH → Zn(OH) ₂ + 2NaCl
B → E	AlCl ₃ + 3NaOH → Al(OH) ₃ + 3NaCl

C → F	$\text{FeCl}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{NaCl}$
A → H	$\text{ZnCl}_2 + 4\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + 2\text{NaCl}$
B → I	$\text{AlCl}_3 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3\text{Al}(\text{OH})_6 + 3\text{NaCl}$
A → J (3 NH ₃)	$\text{ZnCl}_2 + 6\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$
B → E (3 NH ₃)	$\text{AlCl}_3 + 3\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NH}_4\text{Cl}$
C → F (3 NH ₃)	$\text{FeCl}_2 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$
A → K	$\text{ZnCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{ZnCO}_3 + 2\text{NaCl}$
B → E + G2	$2\text{AlCl}_3 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 6\text{NaCl} + 3\text{CO}_2$
C → L	$\text{FeCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{FeCO}_3 + 2\text{NaCl}$
A → M	$\text{ZnCl}_2 + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{ZnS} + 2\text{NaCl}$
B → E + G3	$2\text{AlCl}_3 + 3\text{Na}_2\text{S} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 6\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{S}$
C → N	$\text{FeCl}_2 + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{FeS} + 2\text{NaCl}$

4.4. Поясніть, чому сполуки C, C' та F змінюють своє забарвлення на повітрі.

Підтвердіть одним рівнянням реакції:



4.5. Запропонуйте пояснення, чому банки з сірими порошками стояли на полиці поряд з органічними нітро-сполуками.

Порошкоподібні активні метали (Zn, Fe, Al) часто застосовуються в якості доступних відновників в органічному синтезі, наприклад, для відновлення ароматичних нітросполук

Завдання 11.5. Хто найшвидший?

Автор: Запорожець Ірина

Матеріали, які здатні керовано змінювати свої властивості за різних значень рН, застосовуються у біосенсорах, тканинній інженерії, для таргетної доставки ліків тощо. Один із класів таких полімерних матеріалів містить лінкери (біфункційний фрагмент молекули, що прикріплює сполуку до твердої чи рідкої підкладки і який можна розщепити, від'єднавши таким чином сполуку від підкладки) на основі кеталів, які деградують у кислому середовищі. Швидкість їхньої деградації залежить від структури молекули та від рН.

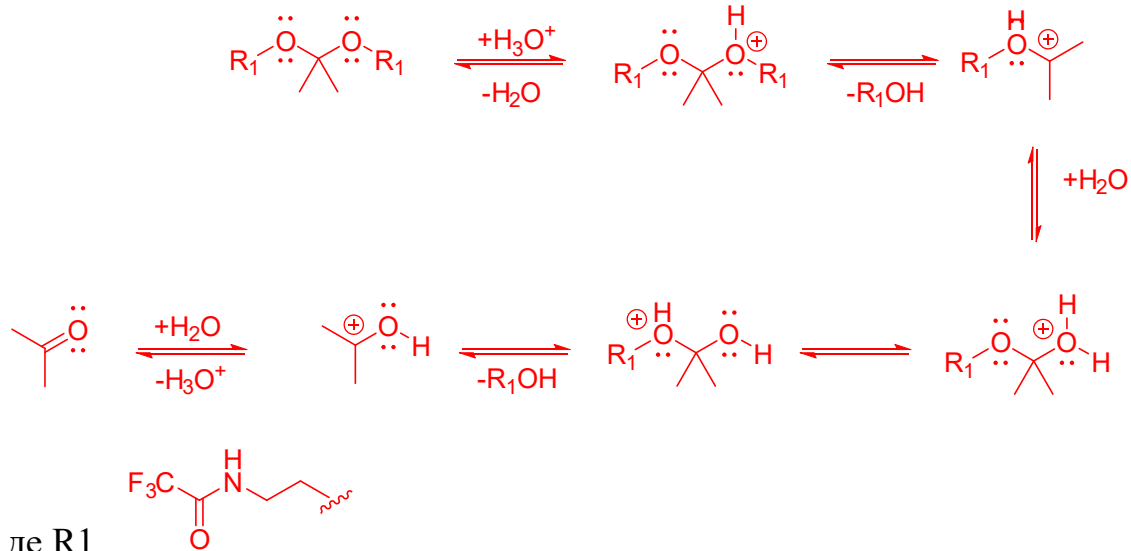
Кінетику кислотного гідролізу кеталю X вивчали за допомогою ¹H ЯМР за постійного значення рН = 5.0. Залежність площі піку з хімічним зсувом 1,29 ppm від часу наведена у таблиці.

X	
---	--

Час, годин	15,0	25,0	35,0	45,0	60,0	75,0	90,0	105,0
------------	------	------	------	------	------	------	------	-------

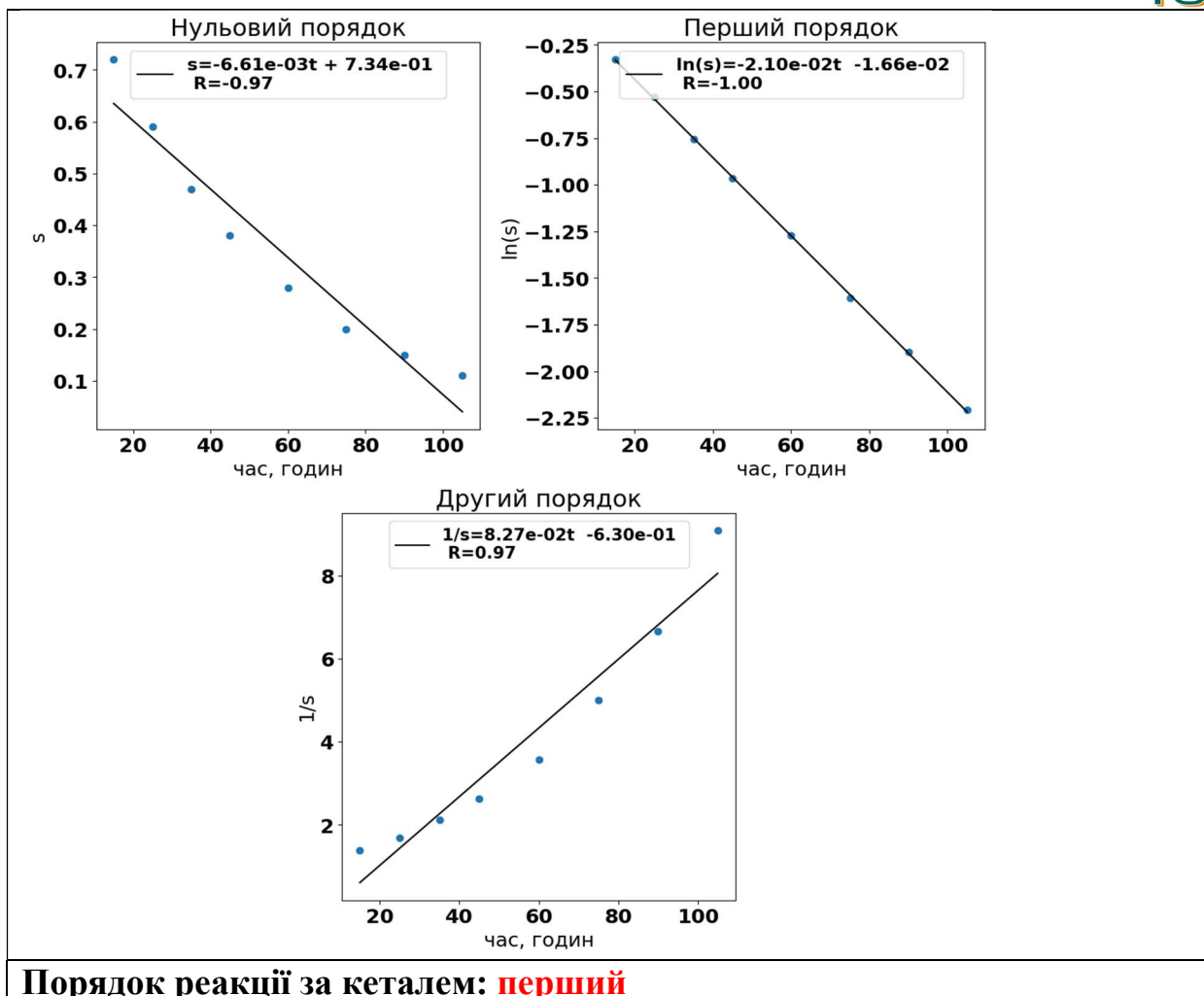
Відносна площа піку 1.29 ppm	0,72	0,59	0,47	0,38	0,28	0,20	0,15	0,11
------------------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------

Механізм гідролізу X наведено на схемі нижче:



5.1. Визначте порядок реакції за X.

Як видно з наведених вище графіків, логарифм площі сигналу $\ln(s)$ лінійно залежить від часу, що вказує на 1 порядок за кеталем



Порядок реакції за кеталем: **перший**

5.2. Розрахуйте умовну константу швидкості за рН = 5.0

Кінетичне рівняння для реакції першого порядку має вигляд

$$\ln(s) = \ln(s_0) - kt,$$

Отже, константа швидкості відповідає від'ємному тангенсу кута нахилу прямої в координатах $\ln(s) - t$, тобто $2,10 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$

$$k = 2,10 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$$

5.3. Розрахуйте період напівперетворення X за рН = 5.0

Для реакції першого порядку період напівперетворення розраховується як

$$\tau_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{\ln(2)}{2,10 \cdot 10^{-2}} = 33 \text{ години}$$

$$\tau_{1/2} \quad \mathbf{33} \quad \text{годин}$$

Період напівперетворення також визначили за інших значень рН. Результати наведені у таблиці

pH	Період напівперетворення, годин
5.5	85
6.0	226

Відомо, що механізм реакції в усіх експериментах залишався незмінним.

5.4. Визначте порядок реакції за H^+ . Відповідь округліть до цілих

Умовну константу швидкості k' можна записати як

$$k' = k[H^+]^a,$$

де k – константа гідролізу, a – порядок за H^+

Логарифмуючи це рівняння, отримуємо

$$\log(k') = \log(k) + a \log([H^+]) ,$$

В свою чергу,

$$k' = \frac{\ln 2}{\tau_{\frac{1}{2}}}$$

Тоді

$$\log(\ln(2)) - \log\left(\tau_{\frac{1}{2}}\right) = \log(k) - a \text{ pH},$$

Можемо записати два рівняння реакції для pH=5,5 та 6,0:

$$\log(\ln(2)) - \log\left(\tau_{\frac{1}{2}}^1\right) = \log(k) - 5,5a,$$

$$\log(\ln(2)) - \log\left(\tau_{\frac{1}{2}}^2\right) = \log(k) - 6,0a,$$

Віднімаємо ці рівняння одне від одного, і отримуємо

$$\log\left(\frac{\tau_{\frac{1}{2}}^2}{\tau_{\frac{1}{2}}^1}\right) = 0,5a,$$

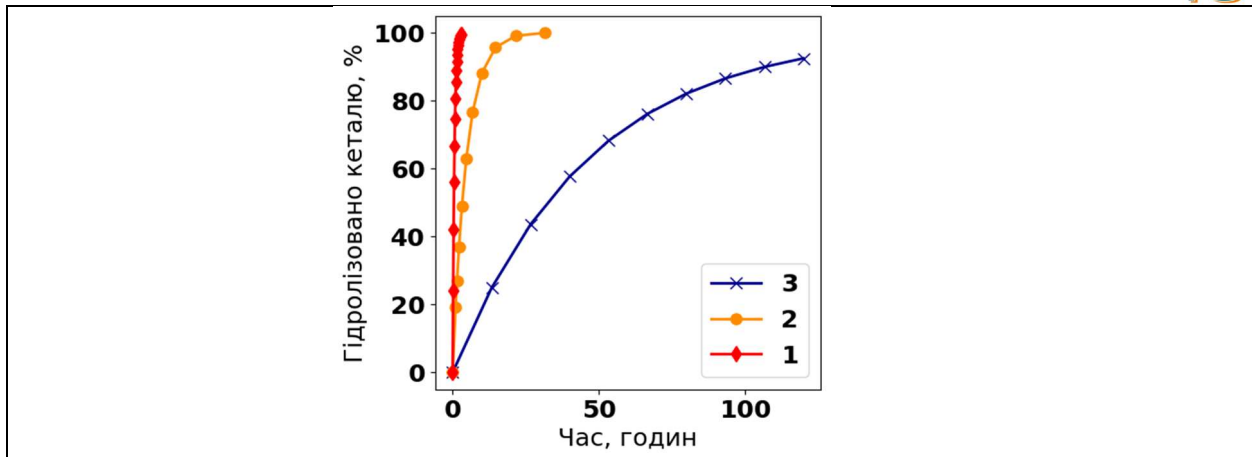
Тоді $a = 2\log(224/89) = 0,8 \approx 1$

Порядок реакції за H^+ : перший

Окрім X, аналогічний експеримент повторили для кеталів Y та Z. (структури наведені нижче), відповідні кінетичні криві наведено на малюнку.

5.6. Впишіть в таблицю номер кінетичної кривої (1-3), що відповідає сполукам X, Y, Z. Відповідь поясніть.

Y	Z



Сполука	X	Y	Z
Кінетична крива, №	3	2	1

Пояснення

Під час лімітуючої стадії утворюється карбокатион. Чим цей карбокатион стабільніший, тим швидше він утворюється і тим швидше протікає гідроліз. Чим ближче знаходиться електроноакцепторна амідна група, тим сильніше вона дестабілізує карбокатион за рахунок -I ефекту.

Завдання 11.6. Перегрупування

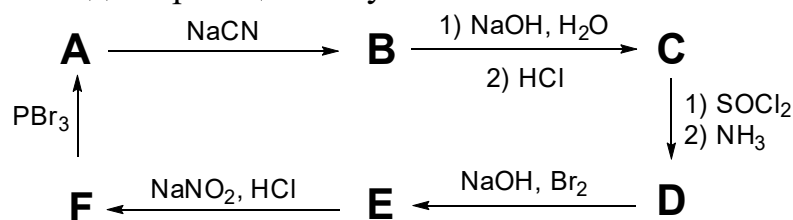
Автор: Архіпов Антон

Сполуку **A** можна отримати бромованням толуену з використанням N-бромсукциніміду.

6.1. **Напишіть рівняння реакції та структурну формулу** сполуки **A**, якщо в ній масова частка Карбону складає 49,16 %, Гідрогену – 4,13%, Брому – 46,72 %.

A	
----------	--

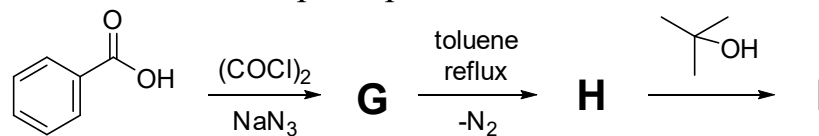
На схемі нижче наведено реакції сполуки **A**:



6.2. Напишіть структурні формули всіх згаданих сполук.

B	C	D	E	F

Реакція перетворення **D** у **E** належить до так званих «секстетних перегрупувань». Інший приклад подібної реакції – перегрупування Курціуса. На схемі нижче наведено ланцюг перетворень, що починається з бензойної кислоти:



6.3. Напишіть структурні формули усіх згаданих сполук.

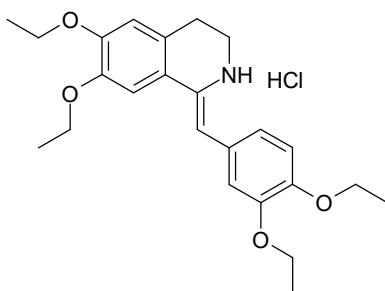
G	H	I

Завдання 11.7. Дротаверин

Автор: Мельников Костянтин

Дротаверин – лікарський засіб, який має спазмолітичну дію, був синтезований у 1961р. співробітниками угорської фармацевтичної компанії Хіноїн. У 1962р. препарат був запатентований під торговою назвою Но-Шпа (No-Spa, що означає No-Spasm). Пізніше компанія Хіноїн увійшла до складу компанії Sanofi, яка випускає Но-Шпа дотепер.

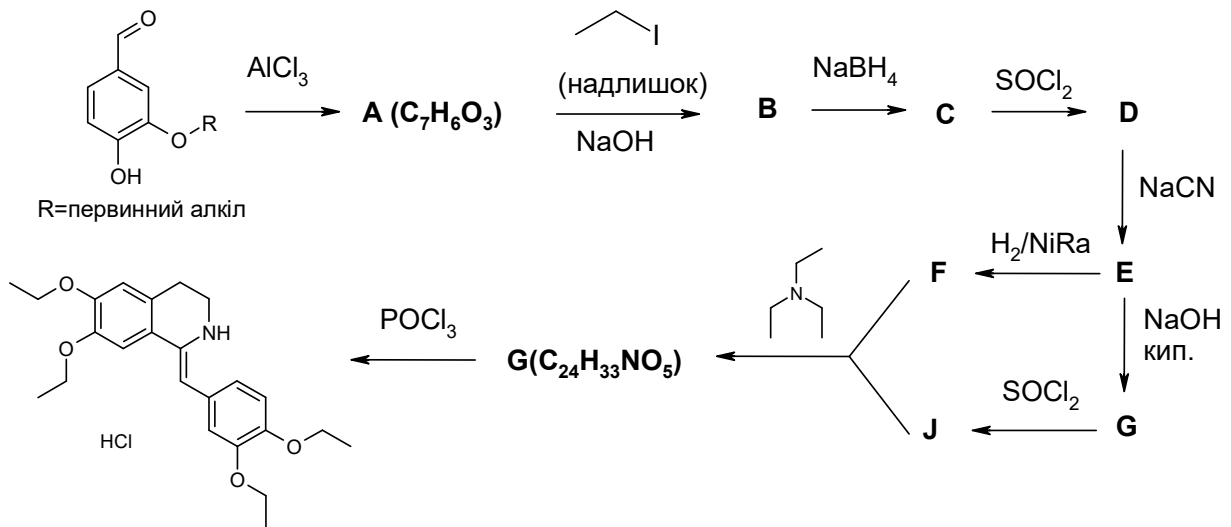
Структурна формула дротаверину зображена нижче:



Дротаверин гідрохлорид



Один з методів синтезу Дротаверину полягає у наступній послідовності перетворень, виходячи з ваніліну:



Дротаверин гідрохлорид

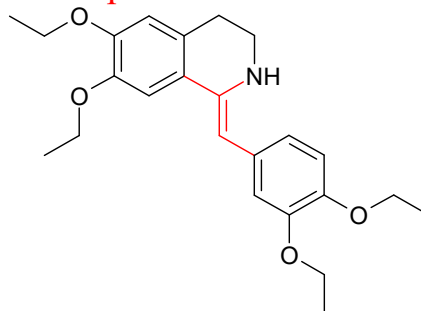
1.1. Вкажіть просторовий ізомер Дротаверину за Z/E номенклатурою.

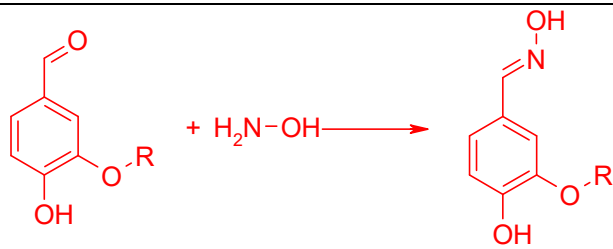
Дротаверин – це Z – ізомер.

Кожен із замісників при подвійному зв'язку отримує індекс старшинства за правилами Кана–Інгольда–Прелога. Далі знаходять найстарший замісник при кожному подвійно зв'язаному атомі карбону й порівнюють їхнє розташування. Ізомер, в якому два найстарші замісники розташовані по один бік від подвійного зв'язку, отримує позначення конфігурації Z (від нім. *zusammen*), інший, в якому вони по різні боки, отримує позначення конфігурації E (від нім. *entgegen*).

В молекулі присутній лише 1 подвійний зв'язок поза ароматичною системою.

Дротаверин – це Z (*цис*) – ізомер


1.2. Розшифруйте формулу ваніліну, якщо з x г ваніліну при взаємодії з гідроксиламіном утворюється 1,0987x г відповідного оксиму. (Використовувати відносні атомні маси, округлені до цілих чисел)



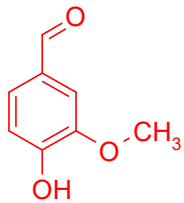
$$n(\text{ваніліну}) = n(\text{оксиму})$$

$$\frac{x}{137+R} = \frac{1.0987}{152+R}, \text{ звідки}$$

$$R=15$$

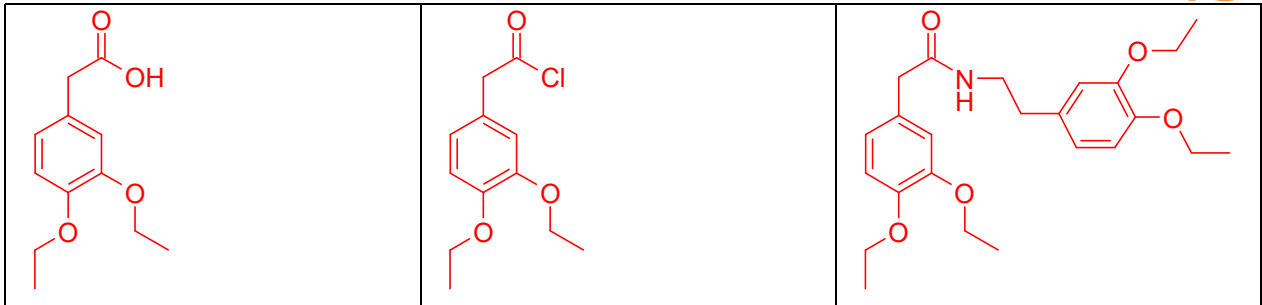
$$R=\text{CH}_3$$

Формула ваніліну:

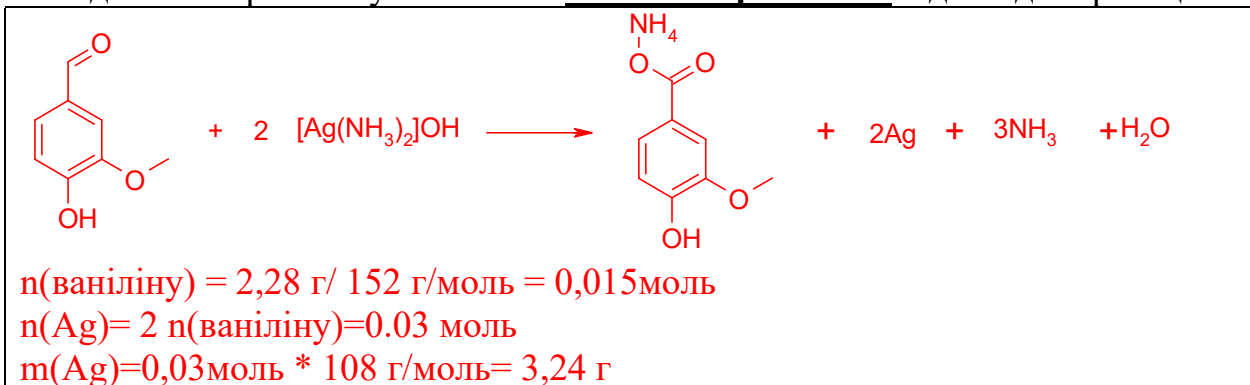


7.3. Розшифруйте сполуки А-К.

<p>A</p>	<p>B</p>	<p>C</p>
<p>D</p>	<p>E</p>	<p>F</p>
<p>G</p>	<p>J</p>	<p>K</p>



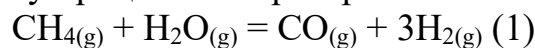
7.4. Розрахуйте масу осаду, який виділиться при взаємодії 2,28 г ваніліну з надлишком реактиву Толленса. Запишіть рівняння відповідної реакції.



Завдання 11.8. Синтез-газ

Автор: Кудрик Олександр

Реакція метану з водяною парою дозволяє отримати суміш CO та H₂ у співвідношенні 1:3, яка далі використовується у хімічній промисловості, зокрема для синтезу метанолу та у процесі Фішера-Тропша.



Нижче наведені деякі термодинамічні характеристики цього процесу.

	CH _{4(g)}	H _{2O(g)}	CO(g)	CO _{2(g)}	H _{2(g)}
Δ _f H ⁰ , кДж/моль	-75.00	-241.83	-110.53	-393.52	
S ⁰ , Дж/(моль*К)	186.0	188.8	197.7	213.8	130.7

Нагріту до 800°C суміш 80 г метану та 90 г водяної пари пропустили через порожнисту трубку, заповнену нікелевим каталізатором. Температура трубки підтримується сталою по всьому об'єму. За цих умов встигає встановитися рівновага, а тиск у системі сталий і дорівнює 1 бар.

8.1. Розрахуйте ΔG, K_p та K_x цієї реакції при 800°C.

$$\Delta H_{\text{реакц.}} = -110,53 + 75,00 + 241,83 = 206,3 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta S_{\text{реакц.}} = 3 * 130,7 + 197,7 - 188,8 - 186,0 = 215 \text{ Дж/(моль*К)}$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = 206300 - 1073,15 * 215 = -24430 \text{ Дж/моль}$$

$$K_p = e^{-\frac{\Delta G}{RT}} = 15,46 \text{ бар}^2$$

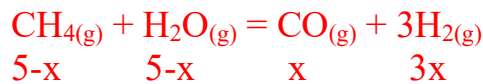
$$K_x = K_p * p^{-\Delta}$$

$$P = 1 \text{ бар, отже } K_x = 15,46$$

ΔG°	K_p	K_x
-24430 Дж/моль	15,46 бар ²	15,46

8.2. Розрахуйте вміст (у % за об'ємом) CH_4 , CO та H_2 після проходження вихідної суміші через трубку і конденсації надлишку водяної пари. Якщо ви не розрахували константи у п.1, прийміть $K_x = 3.5$

Початкові кількості CH_4 та H_2O – по 5 моль. Нехай прореагує по x моль, і утвориться x моль CO та $3x$ моль H_2 :



Загальна кількість речовини у системі – $10+2x$ моль. Тоді вираз для K_x виглядає наступним чином:

$$K_x = \frac{x * (3x)^3}{\frac{(10 + 2x)^4}{(5 - x)^2}} = \frac{27x^4}{(5 - x)^2 * (10 + 2x)^2}$$

Отримане рівняння спрощується до квадратного:

$$\sqrt{K_x} = \frac{\sqrt{27}x^2}{(5 - x) * (10 + 2x)}$$

Звідси $x = 3.88$

Співвідношення $\text{CH}_4/\text{CO}/\text{H}_2 = 1,12/3,88/11,64$

CH_4 – 6,7%

CO – 23,3%

H_2 – 70,0%

Для $K_x = 3,5$:

$x = 3,24$

Співвідношення $\text{CH}_4/\text{CO}/\text{H}_2 = 1,76/3,24/9,72$

CH_4 – 12,0%

CO – 22,0%

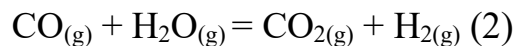
H_2 – 66,0%

Вміст (у % за об'ємом) CH ₄ ,	Вміст (у % за об'ємом) CO	Вміст (у % за об'ємом) H ₂
6,7%	23,3%	70,0%

8.3. Як вплине на конверсію:

а) підвищення температури до 900 °С	б) підвищення тиску до 3 бар
Конверсія збільшиться	Конверсія зменшиться

За наявності надлишку водяної пари та правильно підібраних умов може відбуватися подальше окиснення CO до CO₂:



Отриманий у п.1-3 синтез-газ (вважайте конверсію = 100%, початкове співвідношення CO/H₂ = 1:3, кількість речовини незмінна) ввели до реактору об'ємом 4 л, додали 180 г водяної пари та нагріли до 300 °С. Після встановлення рівноваги суміш швидко охолодили до 25 °С і відділили отриману суміш газів від сконденсованої води.

Вважайте, що процес, зворотній реакції 1 ($\text{CH}_{4(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} = \text{CO}_{(g)} + 3\text{H}_{2(g)}$), за цих умов проходить дуже повільно і не впливає на рівновагу.

8.4. Розрахуйте ΔG , K_p та K_x цієї реакції при 300 °С.

$\Delta H_{\text{реакц.}} = -41,16 \text{ кДж/моль}$ $\Delta S_{\text{реакц.}} = -42 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$ $\Delta G = -17090 \text{ Дж/моль}$		
$\Delta n = 0$ $K_p = K_x = 36,1$		
ΔG	K_p	K_x
-17090 Дж/моль	36,1	36,1

8.5. Розрахуйте початковий тиск у реакторі.

$PV = nRT$ $n = 5 \text{ (CO)} + 15 \text{ (H}_2\text{)} + 10 \text{ (H}_2\text{O)} = 30 \text{ моль}$ $P = 30 \cdot 8,314 \cdot 573,15 / 4 = 35740 \text{ кПа} = 357,4 \text{ бар}$	
P =	35740 кПа = 357,4 бар

8.6. Розрахуйте вміст (у % за об'ємом) CO, CO₂ та H₂ в отриманій суміші.

Якщо ви не розраховували константи у п.4, прийміть $K_x = 15$

Початкові кількості: CO – 5 моль, H ₂ O – 10 моль, H ₂ – 15 моль. Нехай прореагує по x моль CO і H ₂ O, і утвориться x моль CO ₂ та x моль H ₂ :			
$\text{CO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} = \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_{2(g)}$			
5-x	10-x	x	15+x

Загальна кількість речовини у системі – 30 моль. Тоді вираз для K_x виглядає наступним чином:

$$K_x = \frac{\frac{x * (15 + x)}{30 * 30}}{\frac{(5 - x) * (10 - x)}{30 * 30}} = \frac{x * (15 + x)}{(5 - x) * (10 - x)}$$

Звідси $x = 4,55$

Співвідношення $CO/CO_2/H_2 = 0,45/4,55/19,55$

$CO - 1,8\%$

$CO_2 - 18,5\%$

$H_2 - 79,7\%$

Для $K_x = 15$:

$x = 4,11$

Співвідношення $CO/CO_2/H_2 = 0.89/4.11/19.11$

$CO - 3,7\%$

$CO_2 - 17,0\%$

$H_2 - 79,3\%$

Вміст (у % за об'ємом) CO	Вміст (у % за об'ємом) CO ₂	Вміст (у % за об'ємом) H ₂
1,8%	18,5%	79,7%

8.7. Як вплине на конверсію:

а) підвищення температури до 600 °C	б) підвищення тиску у реакторі
Конверсія зменшиться.	Конверсія не зміниться.

11 клас (експеримент)

Відповіді та пояснення

Робота складається з двох завдань.

Завдання 1. Синтез йодоформу з ацетону та йоду у лужному середовищі.



Сирий продукт очищується перекристалізацією з водного 2-пропанолу, фільтрується та зважується. Розраховується вихід.

До уваги при оцінюванні береться маса фінального продукту після досушування та **перезважування** членами журі, що є відповідальними за експериментальний тур.



Кількісна оцінка визначається за методом «трапеції», з урахуванням відхилення експериментально отриманого значення від MasterValue.

Окремо оцінюються зроблені учасником розрахунки. Значення виходу має знаходитись в інтервалі 1,4 – 1,8 г.

Завдання 2. Аргентометрія. Кількісне визначення натрій хлориду.

Мірна колба з розчином задачі містить певну кількість натрій хлориду (3 варіанти). Кожному з варіантів відповідає експериментально визначений об'єм розчину аргентум нітрату (робочого розчину). Значення об'ємів визначені викладачами та є так званими MasterValue, тобто значення до яких мають наближатись ваші експериментальні результати. Кількісна оцінка визначається за методом «трапеції», з урахуванням відхилення експериментально отриманого значення від MasterValue. Ці значення наведено у таблиці.

Задача	MV(AgNO ₃)	Задача	MV(AgNO ₃)
2.1	14,0	2.18	10,0
2.2	10,0	2.19	10,0
2.3	10,0	2.20	12,0
2.4	12,0	2.21	14,0
2.5	14,0	2.22	12,0
2.6	14,0	2.23	12,0
2.7	10,0	2.24	10,0
2.8	12,0	2.25	10,0
2.9	12,0	2.26	14,0
2.10	14,0	2.27	14,0
2.11	10,0	2.28	10,0
2.12	14,0	2.29	12,0
2.13	10,0	2.30	14,0
2.14	12,0	2.31	10,0
2.15	12,0	2.32	12,0
2.16	14,0	2.33	14,0
2.17	12,0	2.34	12,0

Приклад розрахунку: на 10 мл розчину натрій хлориду витрачено 13,9 мл робочого розчину аргентум нітрату з концентрацією 0,0998 моль/л. Маса наважки: $(0,0998 \cdot 13,9) \cdot 5 \cdot 58,5 / 1000 = 4,057 \cdot 10^{-1}$ г. Також оцінюються розрахунки учасника.