

Харківська обласна хімічна олімпіада 2019 р.

9 клас

1. Привіт з великого міста. Оксид неметалу **A** ($w(O)=23,97\%$) використовується для оцінки вмісту дуже токсичного газу **X** у повітрі. За методикою 14,88 л (н.у.) повітря пропустили через надлишок речовини **A**, унаслідок чого весь **X** перетворився на менш токсичний газ **Y**, що завжди присутній у атмосфері землі, а частина **A** перетворилась на тверду просту речовину **B**. Отриману газову суміш повністю поглинули 10 мл 0,01 М розчину $Ba(OH)_2$, у наслідок чого випав осад **C**, що розчиняється у концентрованих розчинах мінеральних кислот. Надлишок гідроксиду барію було відтитровано 7,9 мл 0,02 М розчином HCl (індикатор – фенолфталеїн)

1. Укажіть всі зашифровані речовини та напишіть рівняння всіх реакцій.
2. Визначте вміст **X** у зразку повітря (mg/m^3), якщо відомо, що початкова суміш не містила газ **Y**.
3. Вважається, що гранична допустима концентрація **X** становить 25 ppm у повітрі. Встановіть, чи є це повітря придатним для дихання. (ppm (укр. «частин на мільйон») – одна мільйонна частка)
4. Визначте, скільки необхідно взяти 10% розчину $Ba(OH)_2$ та води для приготування вищезгаданого розчину, якщо густина цього розчину дорівнює $1,05 g/cm^3$.

2. Хто найсильніший? Газоподібна за звичайних умов проста речовина **A** – один з найактивніших окисників, що складається з елементу **X**. Промисловий метод отримання речовини **A** полягає у проведенні електролізу безводної кислоти **B** у розплаві **B**. У залежності від співвідношення **B** до **B** можуть утворюватися різні солі, якісний склад яких однаковий. При проведенні електролізу за температури $100\text{ }^\circ\text{C}$ протягом 8 годин та сили струму 10А виділилась еквімолярна суміш газів **A** та **G**, що важить 47,18 г. Вихід за струмом 79%.

1. Розрахуйте речовини **A-G** та **X**, а також напишіть всі рівняння реакцій, якщо відомо:
 - Сполуки **B** та **B** – бінарні і містять 95,00% та 32,76% елемента **X** відповідно.
 - Молярна маса **B** приблизно в 1,5 разів більша за молярну масу **A**.
2. У чому полягає складність отримання сполуки **A**?
3. Яка роль **B** при електролізі?

3. Колір наше все. Сіль **A** - кристалічна речовина блідо-рожевого кольору, що в присутності вологи та кисню стає бурого кольору. При взаємодії сполуки **A** з нітратною кислотою утворюється сполука **B** та виділяється безбарвний газ **B**, що не підтримує горіння. Сполука **B** реагує з гідроксидом натрію, утворюючи білий осад сполуки **G**, яка легко окислюється гіпохлорит іоном, при цьому утворюється темно-бурий оксид **D**. Також сполука **B** може бути окиснена за допомогою сильних окисників при кип'ятінні з утворенням солей фіолетового кольору (зазвичай), які містять аніон **E**.

1. Визначте речовини **A-D** та аніон **E**. Напишіть усі рівняння реакцій. Відомо, що розчин сполуки **B** має рожеве забарвлення, а масова частка кисню в оксиді **D** дорівнює 36,78%.
2. При зливанні (натрієвої) солі, яка містить аніон **E** з розчином $NaOH$ і Na_2SO_3 при температурі -10°C випадають світло-голубі кристали солі **Ж** ($w(O)=34,04\%$). Напишіть рівняння реакції.
3. Запропонуйте ще методи отримання солі **Ж** та солей, які містять аніон **E**.

4. Початки великого... Органічна хімія – одна з найцікавіших та найрізноманітніших галузей сучасної хімії. Вона вивчає хімію сполук Карбону, однак за деяким виключенням.

1. Напишіть формули чотирьох речовин, у складі яких містяться атоми Карбону, але які не відносять до органічних.

Тривалий час панувала думка, що органічні речовини можуть утворюватися тільки в живих організмах під впливом якоїсь «життєвої сили». Але у 1828 році ця думка була спростована: у звичайній пробірці був проведений перший синтез органічної речовини з неорганічної.

2. Хто вперше провів синтез органічної речовини з неорганічної? Що це була за органічна речовина (напишіть її брутто-формулу та тривіальну назву)?

Одним з найпростіших класів органічних сполук є вуглеводні (C_xH_y). Для одного з представників цього класу теплота згоряння дорівнює $1541,4 kJ/mol$, або $51,38 kJ/g$.

3. Визначте невідомий вуглеводень, запишіть його формулу.

4. Напишіть структурні формули усіх можливих хлорпохідних цього вуглеводню.

В органічній хімії дуже важливим є поняття ізомерії. Ізомерія – це явище, яке полягає у існуванні сполук однакового якісного та кількісного складу, але різної будови.

5. Напишіть структурні формули усіх можливих ізомерів із брутто-формулою C_4H_6 .

5. Біла лисичка. У посудині об'ємом 1,000 л при н. у. знаходиться пара речовини **X**, густина якої 4,105 г/л. Якщо до посудини поступово доливати гарячу воду, то колір пари буде змінюватися, а сама речовина – розчиняється у воді. Після наповнення посудини водою без випускання вихідної речовини температура замерзання новоутвореного розчину становить $-0,2490\text{ }^\circ\text{C}$. При розрахунках масу води округліть до цілого числа кілограмів.

1. Встановіть речовину **X**, якщо відомо, що це бінарна неорганічна сполука двох сусідніх елементів другого періоду.
2. Напишіть рівняння реакцій, які описані в задачі.
3. Виведіть значення температури замерзання розчину розрахунками, якщо криоскопічна константа води $1,86\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{кг/моль}$.

Довідка: криоскопічна стала показує, на скільки градусів зменшується температура кристалізації розчину, який містить 1 кг розчинника та 1 моль розчиненої речовини, у порівнянні з чистим розчинником.

$$\Delta T = i \cdot K \cdot \bar{m}, \text{ де}$$

ΔT – зміна температури плавлення розчину у порівнянні з чистим розчинником,

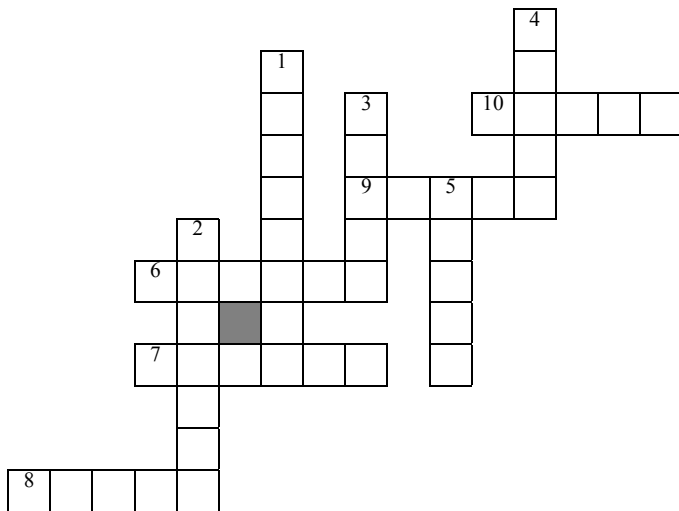
i – ізотонічний коефіцієнт,

K – криоскопічна константа,

\bar{m} – моляльність розчину, моль розчиненої речовини на 1 кг розчинника, моль/кг.

Ізотонічний коефіцієнт i вказує, наскільки в розчині електроліту більше частинок в порівнянні з розчином неелектроліту аналогічної концентрації. **Зміни температур замерзання розчинів адитивні, тобто якщо розчин містить дві речовини, то температура його плавлення буде нижчою за температуру плавлення розчинника на суму ΔT для кожної розчиненої речовини.**

6. ЕЛЕМЕНТарний кросворд. У 2019 році Періодична система елементів відзначає 150-річчя. Перевірте своє знання Періодичного закону і будови атома та заповніть кросворд назвами хімічних елементів. Де необхідно, дайте пояснення.



За вертикаллю:

1. Має найвищу енергію іонізації серед елементів 15 групи. **Відповідь поясніть.**
2. Цей елемент 5 періоду не має жодного електрону на енергетичному рівні з головним квантовим числом $n=5$
3. Електронна конфігурація цього елемента — $[\text{Ar}] 3d^{10}4s^24p^4$
4. Цей елемент було вперше передбачено Менделєєвим і названо “екаалюміній”.
5. В атомі цього елемента стільки ж електронів, скільки нейтронів в атомі ^{93}Nb .

За горизонталлю:

6. d-електрони складають 20% всіх електронів цього елемента.
7. Цей металічний елемент в основному стані має однакову кількість s та p електронів.
8. Цей елемент має найменший діаметр серед інертних газів. **Відповідь поясніть.**
9. Цей елемент має найбільшу електронегативність серед лужних металів, що мають стабільні ізотопи. **Відповідь поясніть.**
10. Цей елемент має найвищу спорідненість до електрона.

7. **Експериментальна задача.** Перетворення в неорганічній хімії, у більшості випадків, супроводжуються зміною кольору. Саме тому вам пропонується допомогти юному хіміку відгадати дуже незвичні хімічні реакції. У двох склянках міститься осад речовини **A** (сіль оксигеновмісної кислоти). До першої склянки додають розчин речовини **B** (масова частка одного з елементів 32,86%). А у другу склянку додали речовину **C** (масова частка одного з елементів 76,49%). І потім знов у першу склянку додали 30% розчин речовини **D** (виконує роль окисника).

1. Опишіть, які зміни спостерігаються.
2. Визначте речовини **A, B, C, D**. Напишіть усі зазначені реакції.
3. Визначте рівноважні концентрації іонів у розчині речовини **A** ($K_s(A) = 2,13 \cdot 10^{-8}$). Як зміниться рівноважна концентрація іонів, якщо в розчині **A** створити концентрацію 0,1 М сульфата натрія.

Довідка: K_s або DP – константа рівноваги (добуток розчинності) для реакції дисоціації осаду, наприклад: $AgCl = Ag^+ + Cl^-$ - $K_s(AgCl)$. Приклад Закону Дії Мас для $AgCl$: $K_s = [Ag^+] \times [Cl^-]$

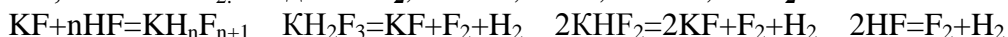
РЕШЕНИЕ

1. Привіт з великого міста.

1. **X-CO, Y-CO₂, A-I₂O₅, C-BaCO₃.** Допустим, формула $A - \text{Э}_2\text{O}_a$. Тогда $a \cdot M(O) / (a \cdot M(O) + 2 \cdot M(\text{Э})) = 0,2397$, принимая $M(O) = 16$, сразу получим $M(\text{Э}) = a \cdot 25,43$. Перебирая все натуральные значения a , получим что-то вразумительное только при $a = 1$. Далее поговорим о Y , принимая во внимание что это слаботоксичный газ, всегда присутствующий в атмосфере, то это может быть или углекислый газ, или кислород. Поскольку он получается вследствие реакции пентаоксида йода с X (вероятнее всего, реакции окисления), вариант «кислород» кажется неправдоподобным. Таким образом, $Y - \text{CO}_2$, $X - \text{CO}$, потому что это единственный токсичный газ, чье окисление может приводить к образованию углекислого газа. В таком случае, **B-I₂**, и **C- BaCO₃**
2. В растворе изначально было 0,2 ммоль-экв $\text{Ba}(\text{OH})_2$, на титрование этого раствора пошло 0,158 ммоль-экв HCl , следовательно, на нейтрализацию так же пошла угольная кислота количеством эквивалента $0,2 - 0,158 = 0,042$ ммоль-экв, что соответствует (она двухосновна) 0,021 ммоль CO_2 . Следовательно, в газовой смеси было 0,021 ммоль CO . Маса 0,021 ммоль CO равна 0,588 мг, соответственно, концентрация CO равна **39,5 мг/м³**
3. Из предыдущего пункта 14,88 л воздуха содержит 0,000021 моль CO . При н.у. 14,88 л это 0,664 моль, содержание CO равно 0,0000316 или **31,6 ppm**, что уже является **недопустимым**.
4. $n(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0,1$ ммоль. $m_2(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0,0171$ г. $m_2(\text{раствора}) = V \cdot \rho = 10,5$ г. $m_1(\text{Ba}(\text{OH})_2) = m_2(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0,0171$ г, следовательно, **$m_1(\text{раствора}) = m_2(\text{Ba}(\text{OH})_2) / W_1(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0,171$ г.** Тогда **масса воды**, которую надо добавить равна $10,5 \text{ г} - 0,171 \text{ г} = \mathbf{10,329 \text{ г}}$

2. Кто сильнейший?

1. Веществом **A** может быть фтором, хлор, кислород. Так как кислород при нормальных условиях НЕ образует газообразную (бинарную) кислоту, а в свою очередь хлор добывают электролизом водных растворов хлоридов или электролизом солей. Итак, **A - F₂**, **X - F**. Найдем остальные вещества. Исходя из массовых долей $M(B) = 19 / 0,3276 \cdot n = 58,00n$. При $n = 1$, и зная, что в соединении **B** входит фтор можно легко догадаться, что **B - KF** (PtF_5 не используется для получения фтора электролизом). Исходя из закона Фарадея, средняя молярная масс смеси равняется **$M_{\text{экв}} = m(\text{факт}) \times F / n(\text{реакт}) / I = 20,00$ г/моль**. Так как она состоит из эквимольной смеси, то газ **I - H₂**. Тогда **A - F₂, B - HF, X - F, B - KF, I - H₂**.



2. Высокая реакционная способность F_2 особенно при нагревании.
3. Так как фтороводород не проводит электрический ток, то используют соль, которая способствует этому.

3. Колір наше все.

1. Известно, что **D** темнобурый оксид и $W(O) = 36,78\%$. Пусть формула оксид $\text{Э}_2\text{O}_a$, тогда $a \cdot M(O) / (a \cdot M(O) + 2 \cdot M(\text{Э})) = 0,3678$. При $a = 4$, $M(\text{Э}) = 55$ г/моль, следовательно элемент марганец, а

