

Харківська обласна хімічна олімпіада 2017 р.

11 клас

1. Всього потроху. На хімічному складі зберігаються наступні речовини: пропенова кислота, бензальдегід, бромід калію, бутан, вода, декан, етанол, сульфат барію, 2-метилбутанова кислота, 3-метилгексін-1, *транс*-бутен-2, ціанід натрію.

1. Наведіть структурні формули вказаних речовин.

2. Використовуючи будь-які методи, відомі Вам (фізичні властивості, розчинність, агрегатний стан, колір, хімічні реакції та спектральні дані), розрізніть вказані речовини між собою найкоротшим шляхом. У разі використання хімічних реакцій, наведіть їх.

2. Тільки солі. Солі **A** та **B** – безбарвні, розчинні в воді, сильні окисники. Водні розчини цих солей прокип'ятили, при цьому з розчину 5.40 г солі **A** виділилося 224 мл (н. у.) газу **X** та утворилася сіль **C** (рН розчину змістився в кислу область), а з розчину 3.96 г солі **B** виділилася суміш газів **X** та **Y** загальним об'ємом 672 мл (н.у.) та утворилася сіль **D** (рН розчину змістився в лужну область). При змішуванні одержаних розчинів солей **C** та **D** утворюється 6.96 г солі **E** (рН розчину нейтральний) та виділяється 448 мл (н. у.) газу **Y**. Густина газу **X**, газової суміші та газу **Y** відносяться як 1 : 1.25 : 1.375 відповідно. Відомо також, що:

– молярна маса всіх солей не перевищує 270 г/моль і всі вони утворені катіоном лужного металу;

– солі **A**, **B**, **D**, **E** містять три елементи, а з усіх зашифрованих речовин водень у своєму складі містить лише сіль **C** ($\omega(\text{H}) = 0.735\%$);

– солі **A** та **E**, **B** та **D** мають однаковий якісний склад.

1. Що таке рН? Чому рН водних розчинів солей може бути в кислій або лужній області? Наведіть по одному прикладу таких солей.

2. Розрахуйте мольні частки газів в суміші **X** та **Y**. Визначте ці гази.

3. За допомогою розрахунків, визначте зашифровані солі **A–E**. Напишіть рівняння всіх згаданих реакцій.

4. Зобразіть структурні формули аніонів солей **A** та **B**. Вкажіть гібридизацію некінцевих атомів.

3. Термодинамічна арифметика. Відомі наступні термодинамічні величини:

	$\text{Cr}_2\text{O}_3(\text{r})$	$\text{C}(\text{r})$	$\text{Cr}(\text{r})$	$\text{CO}(\text{r})$
ΔH_f° , кДж/моль	-1141	0	0	-110.6
S° , Дж/(моль·К)	-81.2	5.7	23.6	197.7

1. Запишіть рівняння реакції відновлення оксиду хрому (III) вугіллям. Чому цей процес проводять тільки у відкритій посудині?

2. Розрахуйте тепловий ефект (ΔH) цієї реакції. Вкажіть, до якого типу вона відноситься – екзотермічна чи ендотермічна.

3. Розрахуйте зміну енергії Гіббса реакції за 298 К. Чи буде ця реакція самовільною за такої температури?

4. За якої мінімальної температури реакція відновлення оксиду хрому (III) буде протікати самовільно? Вважайте, що величини ΔH і ΔS не залежать від температури.

Довідкові дані. Реакція самовільна, якщо $\Delta G \leq 0$. $\Delta G = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$.

4. Чорний порошок. Чорний порошок був винайдений в Китаї в період династії Тан (618–907 рр.). Класичний чорний порошок складається з трьох компонентів – сірки, вуглецю та нітрату **A**. Великі запаси **A** були знайдені в Ост-Індії, що й дало тривіальну назву цій речовині.

1. Наведіть формулу та тривіальну назву речовини **A**, якщо масова доля металу в ній складає 38.67%.

2. Напишіть реакцію горіння чорного порошку, якщо відомо, що два з трьох продуктів – гази без запаху, а густина газової суміші за воднем дорівнює 20. Який об'єм газу виділиться (18°C, 1 атм) при спалюванні 27.0 г чорного порошку? Вважати склад порошку стехіометричним.

Твердий залишок після згорання чорного порошку може містити в своєму складі бінарну речовину **B**, сульфат калію, карбонат калію та вуглець. При розчиненні в воді твердого залишку

масою 10.00 г в воді залишилось 0.96 г нерозчинного осаду. При дії на фільтрат надлишку розчину хлориду барію утворився осад масою 1.27 г. Осад відфільтрували і частково розчинили в соляній кислоті, що привело до виділення 47 мл газу (н.у.).

3. Розрахуйте масові частки речовин в сухому залишку, якщо відомо, що речовина **В** добре розчинна у воді та не утворює нерозчинних сполук з солями барію.

5. Вуглеводні. Еквімольну суміш двох вуглеводнів **А** і **Б** нагрівали під тиском у присутності платиного каталізатора, доки склад суміші не перестав змінюватися. Після охолодження продуктів реакції до кімнатної температури утворилося тільки дві речовини: рідина **В** (продукт великотоннажного промислового виробництва) і газ **Г**. Як **В**, так і **Г** не окислюються KMnO_4 навіть у жорстких умовах. **В** можна одержати з **А** в одну стадію. **А** використовується для газового зварювання і різання металів. Окислення вихідної суміші двох вуглеводнів надлишком перманганату калію в сірчаній кислоті при нагріванні приводить до єдиного органічного продукту **Д**, що не містить третинних атомів вуглецю. На нейтралізацію 1.46 г **Д** витрачається 2 г 40%-го розчину NaOH . **В** в реакції з хлороформом в присутності хлориду алюмінію дає червоне забарвлення, однак продуктом реакції є безбарвний твердий вуглеводень **Е**. При дії на **Е** металевого натрію виділяється водень і утворюється сіль червоного кольору (сполука **Ж**), яка при додаванні водного розчину хлориду амонію знову перетворюється в **Е**. Окислення **Ж** під дією червоної кров'яної солі дає стабільний радикал **З**, відкритий Гомбергом у 1900 р. Цей радикал забарвлений у жовтий колір і співіснує в хімічній рівновазі з безбарвним димером **И**, молекула якого містить 9 типів атомів водню.

1. Як одержують вуглеводень **А**?
2. Напишіть структурні формули **А–И** та рівняння усіх згаданих реакцій.
3. Як зміниться інтенсивність забарвлення рівноважної суміші **З** і **И** при збільшенні тиску за постійної температури? Поясніть свою відповідь.

6. Важливі сполуки. Сполука **А** існує у вигляді двох енантіомерів (оптичних ізомерів), у водному розчині знаходиться у вигляді мономеру, а в кристалічному стані – у вигляді циклічного шестичленного димеру **Б**. В лужному середовищі вона легко ізомеризується в сполуку **В**, що не містить асиметричних атомів вуглецю. Сполука **А** дає реакцію срібного дзеркала, причому при дії надлишку аміачного розчину оксиду срібла на 0.9 г **А** утворюється 2.16 г осаду. Відновлення сполук **А** і **В** дає однаковий продукт – речовину **Г**. У клітинах людини і тварин сполука **А** присутня в основному у вигляді фосфату і в анаеробних умовах (за відсутності кисню) перетворюється в сполуку **Д**, ізомерну **А**, яка також існує у вигляді двох енантіомерів. Встановлено, що на нейтралізацію 0.9 г **Д** витрачається 4 г 10%-го розчину NaOH . Речовини **А**, **Б**, **Г** та **Д** мають важливе значення для життєдіяльності людини і багатьох тварин.

1. Що таке енантіомери? Які ще типи оптичних ізомерів Вам відомі? Наведіть приклади.
2. Напишіть структурні формули сполук **А–Д**. Відповідь підтвердіть розрахунками.

7. Завдання експериментального туру. У п'яти колбах знаходяться такі речовини: ацетальдегід, ацетон, метанол, оцтова кислота та формальдегід. Для визначення вмісту колб до кожної з них додали свіжеосаджений $\text{Cu}(\text{OH})_2$ та нагріли. В колбі 1 осад розчинився з утворенням блакитного розчину, в колбах 2 і 3 змін не було, а в колбах 4 і 5 утворився червоний осад. Далі до вмісту кожної з колб 2–5 додали водний розчин I_2 в KOH . В колбах 3 і 5 випав осад блідо-жовтого кольору.

1. Визначте, яка речовина знаходиться в кожній колбі.
2. Напишіть рівняння усіх проведених реакцій.