

Харківська обласна хімічна олімпіада 2013 р.

11 клас

1. Кальцію оксид. Кальцію оксид, що називається негашеним вапном, знаходить широке застосування в промисловості. Його отримують в процесі випалювання вапняку (CaCO_3) за високої температури.

1. Запишіть рівняння розкладання вапняку. У промисловості для збільшення виходу кальцій оксиду даний процес проводять у відкритих печах. Чому?

2. Використовуючи теплоти утворення речовин, розрахуйте тепловий ефект (ΔH) реакції розкладу вапняку при 298 К. Зазначте, дана реакція є екзотермічною чи ендотермічною.

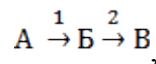
3. Використовуючи стандартні ентропії речовин, розрахуйте зміну ентропії та енергії Гіббса реакції розкладу вапняку при 298 К. Чи є дана реакція спонтанною за даної температури?

4. Оцініть мінімальну температуру, за якою починається розклад вапняку, прийнявши, що ΔH та ΔS зберігають значення, що розраховані при 298 К.

Довідкові дані. Реакція проходить спонтанно, якщо $\Delta G \leq 0$. Для розв'язку завдання використовуйте рівняння $\Delta G = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$, де $\Delta H^\circ = -Q = \sum \Delta H_f^\circ \text{ продуктів} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ реагентів}$, $\Delta S = \sum S^\circ \text{ продуктів} - \sum S^\circ \text{ реагентів}$.

Речовина	ΔH_f° , кДж/моль	S° , Дж/(моль·К)
$\text{CaCO}_3(\text{тв})$	-1206.9	92.9
$\text{CaO}(\text{тв})$	-635.6	39.8
$\text{CO}_2(\text{г})$	-393.5	213.6

2. Алкен. За участю симетричного алкена **A** ($w(\text{C}) = 85.71\%$) можна реалізувати такі перетворення:



де: 1 – H_2O_2 , CCl_4 , $t^\circ\text{C}$, H_2O ; 2 – ZnCl_2 (або H_2SO_4). Сполука **B** ($w(\text{C}) = 61.02\%$, $w(\text{H}) = 11.86\%$) також симетрична та може бути отримана при взаємодії амальгами магнію з двома молекулами ацетону та подальшим гідролізом. Молярна маса сполуки **B** більша, ніж у **B**, на 18 г/моль, при цьому молекула **B** має один четвертинний атом карбону.

1. Визначте всі зашифровані сполуки, наведіть їхні структурні формули.

2. Зобразіть структурні формули всіх ізомерів **A**, що містять цикл.

3. Як називається перетворення **B** в **B**? Наведіть механізм цієї реакції.

У розрахунках використовуйте цілочисельні значення атомних мас елементів.

3. Подвійний оксид. Одним з методів синтезу нерозчинного оксиду **A** ($w(\text{O}) = 0.1292$) чорного кольору є нагрівання розчину речовини **B** ($w(\text{O}) = 0.4735$) та AgNO_3 у присутності KOH . Додавання до розчину над отриманим осадом розчину $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ призводить до осадження білої речовини **C**, що не розчиняється в надлишку HNO_3 . Якщо в процесі синтезу AgNO_3 замінити на CrCl_3 , то реакція протікає з виділенням жовто-зеленого газу **D** та зміною забарвлення за рахунок утворення розчину речовини **E**. Додавання до отриманого розчину $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ призводить до одночасного осадження осаду **C** та жовтої речовини **F**. Відомо, що істинний склад оксиду **A** може бути представлений у вигляді суміші сполук **A**₁ і **A**₂, які в індивідуальному вигляді є, відповідно, відносно стійкою та вкрай нестійкою речовинами.

1. Укажіть всі зашифровані речовини, запишіть рівняння хімічних реакцій.

2. Запропонуйте формули сполук **A**₁ і **A**₂ в істинному складі **A**.

3. Наведіть реакцію кислотно-основних рівноваг, що характерні для аніона речовини **F** у кислому середовищі.

4. Наведіть структурні формули всіх складних аніонів, про яких йдеться в задачі. Укажіть тип гібридизації некінцевих атомів у їх складі.

4. Газ. При взаємодії безбарвної органічної рідини **A** масою 21.8 г з м'яким металом масою 4.6 г утворились безбарвні речовини: газ **B** і кристали **C** масою 20.6 г.

1. Визначте речовини **A** – **C**, напишіть рівняння всіх згаданих реакцій, якщо солі цього металу забарвлюють полум'я в жовтий колір.

2. Як називається такий метод синтезу сполук типу **В**? Чи можна за допомогою такої реакції синтезувати: а) 2,2,3,3-тетраметилбутан; б) пентан; в) гексан? Якщо ні, наведіть рівняння 2-х довільних реакцій, за допомогою яких можна отримати вказані речовини (всі реакції мають бути різних типів).

3. Зобразіть найбільш стійку конформацію сполуки **В**. Поясніть.

5. рН. До 20.0 мл розчину КОН (густина 1.05 г/мл, $w(\text{KOH}) = 5.66\%$) додали 20.0 мл розчину НСІ (густина 1.01 г/мл, $w(\text{HCl}) = 2.4\%$). Густина отриманого розчину дорівнює 1.03 г/мл.

1. Розрахуйте масову частку та молярну концентрацію всіх сполук, що знаходяться в розчині.

2. Вирахуйте рН розчину, що утворився, для чого використайте рівняння $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)$.

3. Обчисліть рН розчину, що утворився при додаванні 1.5 г оцтової кислоти до 20.0 мл розчину КОН (густина 1.05 г/мл, $w(\text{KOH}) = 5.66\%$). Густина розчину, що утворився, дорівнює 1.03 г/мл, для оцтової кислоти $K_a = 1.74 \times 10^{-5}$.

6. Дивовижний елемент. Хімія елемента **А** насправді дивовижна, а всі його сполуки – смертельно небезпечні. При взаємодії сріблясто-білої простої речовини **А** з водою при нагріванні, утворюються 3 речовини – **Х** (найлегший газ), АН_3 та **В**. Масова частка елемента **А** в чорно-коричневій пірофорній речовині **В**, яку отримали в попередній реакції, складає 88.15%. При взаємодії речовини **В** з концентрованою нітратною кислотою, утворюється жовта сіль **С** ($w(\text{A}) = 60.4\%$). При додаванні до неї NaOH утворюється відповідний жовтий гідроксид **Д**, який при нагріванні розкладається з утворення оранжевого оксиду **Е** ($w(\text{O}) = 16.78\%$). Реакція **Е** з CH_2F_2 призводить до утворення продукту зеленого забарвлення **Ф** ($w(\text{A}) = 67.6\%$). Відновлюючи **Ф** кальцієм, отримують чисту речовину **А**.

АН_3 реагує з хлороводнем при 300°C з утворенням хлориду **Г**. **Г** і металічний натрій при нагріванні дають речовину **Н** з масовою часткою натрію 3.23% (а молярна маса **Н** у 2.068 рази більше молярної маси **Г**).

1. Наведіть рівняння всіх згаданих реакцій, визначте зашифровані сполуки.

2. Що таке пірофорність?

3. Поясніть стабільність катіону солі **С**.

4. Для чого в промисловості використовують сполуки **Ф**? У чому полягає небезпечність сполук елемента **А**?

У розрахунках використовуйте цілочисельні значення атомних мас елементів.

7. Завдання експериментального туру. Є чотири колби з водними розчинами метанолу, глюкози $\text{НОСН}_2(\text{СНОН})_4\text{СНО}$, ацетону та оцтової кислоти. Для визначення вмісту колб до невеликої порції кожного з розчинів додають свіжоосаджений $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Спостерігають, що: у колбі № 1 осад розчиняється, утворюється розчин блакитного кольору; у колбах № 2 та № 3 змін немає; у колбі № 4 осад розчиняється, а розчин забарвлюється в темно-синій колір. Далі отримані розчини нагрівають на водяній бані, після чого відзначають, що: у колбі № 1 змін немає; у колбі № 2 і № 3 утворюється чорний осад; у колбі № 4 утворюється жовтий осад, який при подальшому нагріванні переходить в осад червоного кольору.

При додаванні до таких же порцій вихідних розчинів № 1–4 водного розчину I_2 та КОН в колбах № 1, № 2, № 4 відбувається зникнення забарвлення, а в колбі № 3 випадає осад блідо-жовтого забарвлення.

Додавання у вихідні розчини NaHCO_3 призводить до виділення газу лише в колбі № 1.

1. Визначте, розчини якої речовини знаходяться в кожній з колб.

2. Напишіть рівняння всіх проведених реакцій, вкажіть структурні формули сполук.

3. Розташуйте вихідні речовини в порядку збільшення їхньої кислотності у воді.