

**Завдання III етапу 54-ї Всеукраїнської хімічної олімпіади (04.02.2017, м. Київ)
Теоретичний тур. 11 клас**

Задача 1. Трохи фізичної хімії.

Метод радіовуглецевого датування об'єктів біологічного походження, за який В.Ф. Ліббі отримав у 1960 р. Нобелівську премію, ґрунтується на вимірюванні вмісту радіоактивного ізотопу ^{14}C у певному об'єкті. Ізотоп ^{14}C постійно утворюється у верхніх шарах атмосфери при бомбардуванні атомів азоту нейтронами космічного випромінювання.

1 Напишіть відповідну реакцію.

Поки організм живе, співвідношення ізотопів ^{14}C та ^{12}C в ньому стає внаслідок процесів метаболізму і постійного газообміну з атмосферою. Після смерті організму ізотоп ^{14}C перестає в ньому накопичуватись, і співвідношення поступово змінюється в часі, даючи можливість оцінити вік об'єкта. Період напіврозпаду ізотопу ^{14}C становить 5730 років.

2 Напишіть реакцію бета-розпаду ізотопу ^{14}C .

3 Процес радіоактивного розпаду описується кінетичним рівнянням (позначте правильний варіант):

а) нульового, б) першого, в) другого порядку.

Один з варіантів радіовуглецевого аналізу включає в себе такі стадії: зразок, вік якого необхідно обчислити,

а) спалюють в тоці кисню (після чого ретельно очищують отриманий газ від домішок галогенів, азоту та сірки та осушують) та

б) пропускають через розплав літію.

в) Отриманий внаслідок цього продукт реагує з водою, виділяючи ацетилен.

г) Газ пропускають над ванадієвим каталізатором, внаслідок чого відбувається тримеризація ацетилену. Радіоактивність отриманої рідини вимірюють за допомогою рідинного сцинтилятора.

4 Напишіть рівняння реакцій а) – г).

5 Чому, на ваш погляд, радіоактивність зразка не вимірюють безпосередньо?

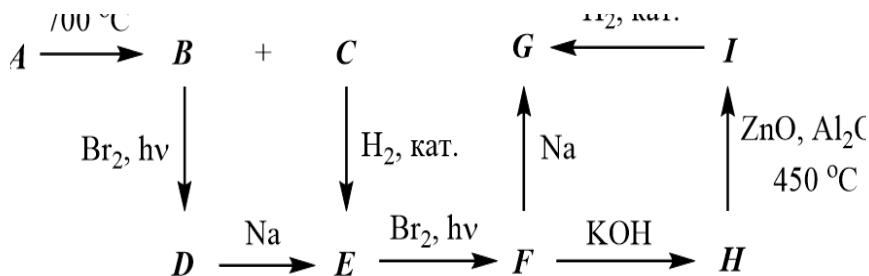
6 З г отриманої, як вказано вище, рідини для сучасного зразка деревини проявили активність розпаду, що становила 42,089 розп/хв. Перерахуйте активність розпаду на 1г карбону.

7 Для досліджуваного давнього зразка активність розпаду склала 10,4 розп/хв на 1г С. Знайдіть вік зразка.

8 Скільки розпадів за хвилину на 1 г С покаже об'єкт, вік якого становить 1500 років? Яка частка ізотопу ^{14}C в ньому залишиться?

Задача 2. Органічні перетворення.

Знайдіть невідомі сполуки А-І, якщо відносні молекулярні маси сполук В, Е, А та G становлять 16, 30, 44 та 58 відповідно.



Задача 3. Аналіз ступу.

Сплав масою 2,301 г, що містить еквімолярну кількість двох металів, розчинили у надлишку хлоридної кислоти з утворенням розчину сполук цих металів (ступень окиснення йонів металів +2). Надлишок хлоридної кислоти обережно нейтралізували розчином амоніаку.

У отриманий розчин занурили залізну пластину і витримували до закінчення реакції. Зміна маси пластини склала 0,786 г. До розчину додали надлишок розчину амоніаку, внаслідок чого випав білий (зеленуватий) осад, який на повітрі швидко набув коричневого кольору. Цей осад відфільтрували і прожарили на повітрі до постійної маси 0,998 г.

Після випаровування фільтрату з подальшим прожарюванням до постійної маси залишається твердий залишок, що є оксидом одного з компонентів сплаву.

1. Визначте метали, що входять до складу сплаву. Відповідь підтвердіть розрахунками.
2. Розрахуйте масові частки компонентів у складі сплаву.
3. Запишіть рівняння реакцій.
4. Визначте масу твердого залишку після випаровування фільтрату та прожарювання.

Відомо, що один з металів, що входить до складу сплаву, у своїх сполуках може проявляти різні ступені окиснення. Хлорид металу, який знаходиться у вищому ступені окиснення, є прозорою безбарвною рідиною, яка при взаємодії з вологою повітря легко гідролізує з утворенням туману. У той же час кристалогідрат цього хлориду є твердою речовиною.

5. Визначте формулу кристалогідрату, якщо відомо, що молярна маса кристалогідрату хлориду на 34,58 % більша за молярну масу безводного хлориду.

Задача 4. Два гази.

Кальцій здатний реагувати з простими речовинами, утвореними елементами **Y** та **Z** з утворенням сполук типу CaY_2 та CaZ_2 . При чому $w(\text{Z}) = 37.5\%$. При обробці CaZ_2 водою утворюється газ **X**.

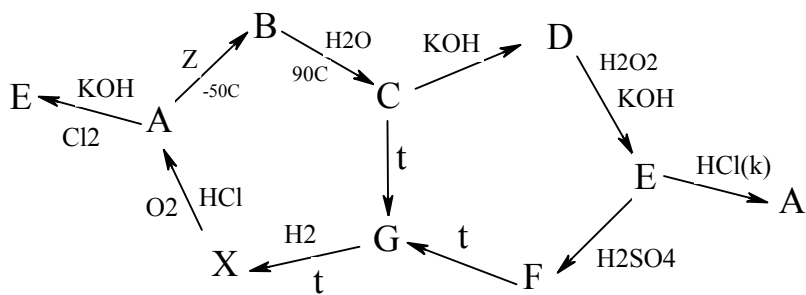
Газ **X** при пропусканні через амоніачний розчин аргентум нітрату утворює осад. Взаємодія газу **X** та газу, утвореного елементом **Y**, може привести до різних продуктів в залежності від умов реакції. При змішуванні газу **X** та газу, утвореного елементом **Y**, відбувається спалах, утворюється тверда речовина **Z** та газ **A**. Якщо невелику кількість газу **X** поступово пропускати через насичений розчин газу, утвореного елементом **Y**, то утвориться лише рідина **B**. Якщо пропускати невелику кількість газу, утвореного елементом **Y**, через насичений розчин газу **X**, то продуктом реакції буде лише рідина **C**.

1. Розшифруйте усі речовини, якщо відомо, що при взаємодії розчину газу **A** з бінарною сполукою Мангану **D** ($w(\text{Mn}) = 63.2\%$) продуктом реакції є газ, утворений елементом **Y**.
2. Напишіть рівняння реакцій.

3. Назвіть всі алотропні модифікації елементу **Z**.

Задача 5. Хром.

Хром (речовина **X**) був відкритий у кінці XVIII ст. французьким вченим Л. Вокленом. На початку XIX ст. сполуки хрому використовувалися для отримання фарб, дублення шкіри та як вогнетривкий матеріал. В кінці XIX ст. хром почали широко використовувати в металургії.



Нижче наведена схема хімічних реакцій хрому та його сполук.

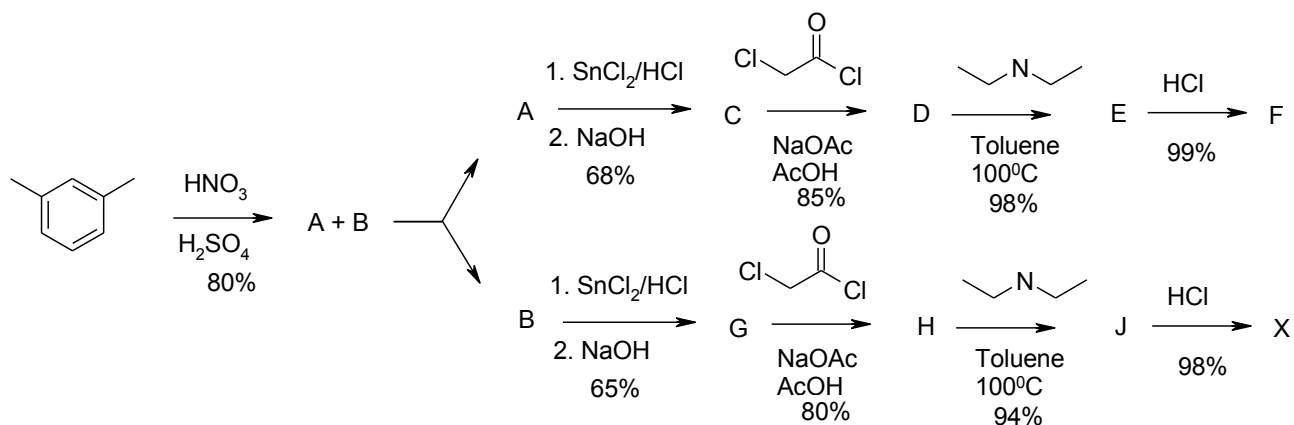
Речовина жовтого кольору **B** ($w(X) = 20\%$) утворюється при розчиненні сполуки **A** в рідині **Z** при -50°C . При тривалому кип'ятінні розчину сполуки **B** у воді випадає осад **C**, виділяється газ **Z**, а у розчині залишається одна сіль. З розчину **B** масою 10 г випало 3,95 г осаду **C** та утворилось 2,58 л газу **Z** (н.у.). Осад **C** реагує з розчином калію гідроксиду утворюючи сполуку **D** темно-зеленого кольору. Сполука **E** має жовтий колір. Якщо до насиченого розчину **E** додати концентровану сульфатну кислоту, то випадуть темно-червоні кристали сполуки **F** ($w(X) = 52.00\%$), які при прожарюванні утворюють сполуку **G**. Також **G** утворюється при прожарюванні **C**, втрата маси становить 26,21%.

- 1) Знайдіть сполуки **A-G**, **Z** та наведіть рівняння всіх реакцій, наведених у задачі.
- 2) Розчин **E** при підкисленні поступово змінює колір з жовтого на помаранчевий. Поясніть це явище та наведіть рівняння реакцій.
- 3) Катіон сполуки **B** достатньо стійкий до дії кислот. При дії на **B** концентрованої нітратної кислоти впадає осад **K** ($w(X) = 10\%$), а при дії концентрованої хлоридної кислоти випадає осад **N** ($w(X) = 21.36\%$). Знайдіть **K** і **N**, напишіть рівняння реакцій/

Задача 6. Лідокаїн

В 1943 році шведськими вченими Нільсом Лофгреном та Бенгдтом Люндквістом був відкритий лікарський засіб, який застосовують для місцевої анестезії. Дана речовина була названа LL-30 на честь Люндквіста і Лофгрена, а цифра 30 пов'язана з порядковим номером серед уже синтезованих дослідних зразків. 22 листопада 1943 року фірма "Astra" отримала права на виробництво і розповсюдження лідокаїну (ксілокаїну) в усьому світі.

Аспіранту Василю для проведення наукових досліджень необхідно було зробити 250 мл 2 % розчину лідокаїн гідрохлориду. Відкривши шафу з реактивами, він помітив майже порожню баночку з необхідною сполукою. Ретельно зваживши залишок в банці, він отримав лише 120 мг, які розчинив їх в необхідній кількості ізотонічного розчину та провів деяку частину досліджень. Тоді Василь вирішив синтезувати необхідну сполуку самостійно. Синтез він почав з нітрування 15 гр *мета*-ксилолу та отримав суміш продуктів **A** та **B**. За допомогою методу колонкової хроматографії аспірант все ж таки розділив сполуки. Маса сполуки **A** склала 15,38 гр, маса сполуки **B** – 1,7 г. Василь припустив, що необхідна йому сполука – це **A** та піддав її ланцюгу перетворень, зображеному на схемі.



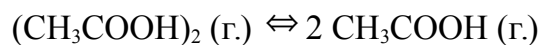
Він отримав необхідну йому кількість бажаної сполуки **F**. Розчинивши її в ізотонічному розчині він почав проводити дослідження, але чомусь дія синтезованої ним сполуки **F** на піддослідних мишей була слабшою на 20 % та тривалість дії скоротилася на 30%. Тоді Василь вирішив зняти сполукам **A** та **B** ПМР-спектр (у розчиннику D_2O). Виявилось, що сполука **A** містить 5 типів сигналів, а сполука **B** лише 3. Тоді аспірант зрозумів в чому помилка та піддав аналогічним перетворенням сполуку **B**.

Приготувавши розчин сполуки **X**, він переконався в ідентичності властивостей лідокаїн гідрохлориду в шафі лабораторії та сполуці **X**.

1. Розрахуйте масу лідокаїн гідрохлориду для приготування 250 мл 2 % розчину (густина розчину вважайте рівною 1,004 г/мл).
2. Розшифруйте всі сполуки позначені літерами та наведіть їхні структурні формули.
3. Як ви можете пояснити співвідношення продуктів нітрування **A** та **B**?
4. Розрахуйте кількість *мета*-ксилолу, яку необхідно взяти Василю, щоб отримати 5 г лідокаїн гідрохлориду.

Задача 7. Гортаючи підшивку старих олімпіад.

Відомо, що в газовій фазі оцтова кислота існує у вигляді рівноважної суміші мономеру CH_3COOH і димеру $(\text{CH}_3\text{COOH})_2$ у відповідності до рівняння:



При $51,2^\circ\text{C}$ в посудині об'ємом $359,8$ мл тиск деякої кількості парів оцтової кислоти становив $25,98$ мм рт. ст. Після того, як виміряли тиск, пару сконденсували і рідину відтитрували стандартним розчином $\text{Ba}(\text{OH})_2$. На титрування витратили $13,8$ мл $0,0568$ -нормального розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Визначте константу рівноваги дисоціації димеру оцтової кислоти K і ступінь дисоціації димеру за цих умов.