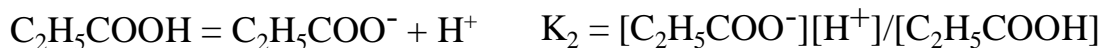


10 клас. Розв'язки.

1. Дезинфекція. 10 б. Запишемо ЗДМ (вираз для константи дисоціації) для дисоціації кислот:



Виходячи з наведених рівнянь: $[\text{H}^+] = [\text{НСОО}^-] + [\text{C}_2\text{H}_5\text{СОО}^-]$.

Рівноважні концентрації кислот $[\text{НСОО}^-]$ и $[\text{C}_2\text{H}_5\text{СОО}^-]$ виразимо із ЗДМ:

$$[\text{H}^+] = K_1 \cdot [\text{НСООН}]/[\text{H}^+] + K_2 \cdot [\text{C}_2\text{H}_5\text{СООН}]/[\text{H}^+].$$

Кислоти слабкі, тому можемо використовувати замість рівноважних концентрацій молярні концентрації в розчині. Згідно умови вони дорівнюють:

$$c = n/V = 0.3/1.5 = 0.2 \text{ М}; [\text{H}^+]^2 = K_1 \cdot c + K_2 \cdot c,$$

$$\text{звідки } [\text{H}^+]^2 = 0.2(K_1 + K_2);$$

$$[\text{H}^+] = \{0.2(1.77 \cdot 10^{-4} + 1.34 \cdot 10^{-5})\}^{1/2} = 6.17 \cdot 10^{-3} \text{ М}$$

$$\text{рН} = -\lg[\text{H}^+] = 2.21$$

$$2. \text{ В вихідних розчинах: } [\text{H}^+] = (K \cdot c_0)^{1/2}$$

$$\text{Для мурашиної кислоти } c_0 = [\text{H}^+]^2/K_1 = (6.17 \cdot 10^{-3})^2/1.77 \cdot 10^{-4} = 0.215 \text{ М}$$

$$\text{Для пропіонової кислоти } c_0 = (6.17 \cdot 10^{-3})^2/1.34 \cdot 10^{-5} = 2.841 \text{ М.}$$

Для приготування суміші було взято V л мурашиної кислоти та $(1,5-V)$ л пропіонової.

$$V(\text{НСООН}) = n/c = 0.3/0.215 = 1.395 \text{ л або } 1395 \text{ мл.}$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_5\text{СООН}) = 1500 - 1395 = 105 \text{ мл.}$$

$$3. \text{ До змішування } \alpha = (K/c)^{1/2}$$

$$\alpha(\text{НСООН}) = (1.77 \cdot 10^{-4}/0.215)^{1/2} \cdot 100\% = 2.87\%$$

$$\alpha(\text{C}_2\text{H}_5\text{СООН}) = (1.34 \cdot 10^{-5}/2.841)^{1/2} \cdot 100\% = 0.22\%$$

Після змішування ступінь дисоціації можна знайти як: $\alpha = [\text{An}^-]/c_0$.

$$[\text{An}^-] = K[\text{НА}]/[\text{H}^+] = K \cdot c_0/[\text{H}^+], \text{ значить } \alpha = K/[\text{H}^+].$$

$$\alpha(\text{НСООН}) = 1.77 \cdot 10^{-4}/6.17 \cdot 10^{-3} \cdot 100\% = 2.87\%$$

$$\alpha(\text{C}_2\text{H}_5\text{СООН}) = 1.34 \cdot 10^{-5}/6.17 \cdot 10^{-3} \cdot 100\% = 0.22\%$$

Ступінь дисоціації не змінився, тому що значення рН не змінився.

$$4. \text{ Подвоєне значення ступеню дисоціації дорівнює: } \alpha = 2,87 \cdot 2 = 5,74\%.$$

$$\alpha = K/[\text{H}^+], \text{ звідки } [\text{H}^+] = K/\alpha = 1.77 \cdot 10^{-4}/0.0574 = 3.08 \cdot 10^{-3} \text{ М.}$$

Так як $[\text{H}^+]^2 = c(K_1 + K_2)$, то $c = [\text{H}^+]^2/(K_1 + K_2) = (3.08 \cdot 10^{-3})^2/(1.77 \cdot 10^{-4} + 1.34 \cdot 10^{-5}) = 0.050 \text{ М};$

$$c = n/V, V = n/c = 0.3/0.050 = 6 \text{ л.}$$

Звідси об'єм води, що треба додати: $V(\text{H}_2\text{O}) = 6 - 1.5 = 4.5 \text{ л.}$

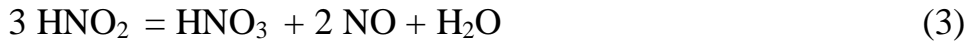
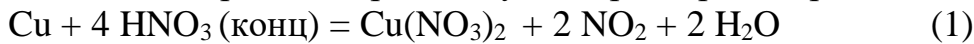
2. Нейтралізація. 10 б.

1. Визначте речовини **A**, **B**, **B**:

A – Cu, **B** – HNO₃, **B** – NO₂.

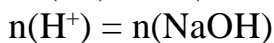
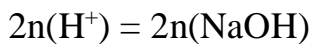
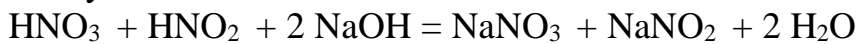
2.

2.1. Запишіть рівняння реакцій усіх перетворень, про які згадано в завданні:

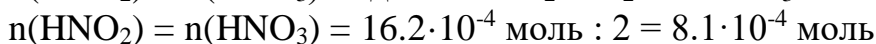
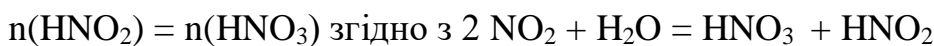


2.2. Поясніть результати експерименту, наведіть відповідні розрахунки.

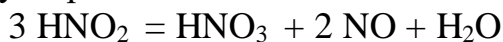
Нейтралізація одразу після розчинення: після розчинення в розчині буде присутня суміш кислот



$$n(\text{NaOH}) = n(\text{H}^+) = n(\text{HNO}_3) + n(\text{HNO}_2) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 16.2 \cdot 10^{-3} \text{ л} \cdot 0.1 \text{ моль/л} = 16.2 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$



Титрування після термічної обробки: азотиста кислота перетворюється в азотну за рівнянням:

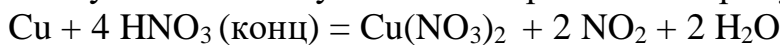


Друга проба містить лише азотну кислоту, яка отримана за реакцією (2) та (3)

$$n(\text{NaOH}) = n(\text{HNO}_3) + n(\text{HNO}_2)/3 = 8.1 \cdot 10^{-4} \text{ моль} + 8.1 \cdot 10^{-4} / 3 \text{ моль} = 10.8 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$V(\text{NaOH}) = n/c = 10.8 \cdot 10^{-4} \text{ моль} / 0.1 \text{ моль/л} = 10.8 \cdot 10^{-3} \text{ л} = 10.8 \text{ мл.}$$

3. Яку кількість газу **B** можна отримати з 1 граму металу **A** (н.у.)?



$$n(\text{Cu}) = m/M = 1/63.5 = 0.01575 \text{ моль}$$

$$n(\text{NO}_2) = 2 n(\text{Cu}) = 0.0157 \text{ моль} \cdot 2 = 0.0315 \text{ моль}$$

$$V(\text{NO}_2) = 22.4 \text{ л} \cdot 0.0315 \text{ моль} = 0.7056 \text{ л.}$$

3. Небезпечні солі. 10 б. 1. Бромід барію - BaBr₂, хлорат барію - Ba(ClO₃)₂, бромат барію - Ba(BrO₃)₂, сульфід барію – BaS, хлорид барію - BaCl₂.

Розчинні солі барію є токсичними, а сульфат барію не є небезпечним для людського організму, оскільки практично нерозчинний у воді та у соляній кислоті яка міститься в шлунковому соку.

2. Для розрахунку $\Delta_f H^\circ$ (кДж·моль⁻¹) для BaSO₄ використовуємо закон Гесса та його наслідки.

З рівняння 1):

$$\Delta_f H^\circ (\text{BaSO}_4(\text{тв.})) = \Delta_f H^\circ - 2\Delta_f H^\circ (\text{H}_2\text{O}(\text{р})) + \Delta_f H^\circ (\text{BaCl}_2(\text{тв.})) + \Delta_f H^\circ (\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{тв.}))$$

З рівняння 2) знаходимо:

$$\Delta_f H^\circ(\text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{тв.})}): \Delta_f H^\circ(\text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{тв.})}) = \Delta_2 H^\circ + \Delta_f H^\circ(\text{Na}_2\text{O}_{2(\text{тв.})}) + \Delta_f H^\circ(\text{SO}_{2(\text{г})})$$

$$\Delta_f H^\circ(\text{Na}_2\text{O}_{2(\text{тв.})}) = \Delta_3 H^\circ = -512.5$$

$$\Delta_f H^\circ(\text{SO}_{2(\text{г})}) = \Delta_4 H^\circ = -296.9$$

$$\text{Тоді: } \Delta_f H^\circ(\text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{тв.})}) = -580.1 - 512.5 - 296.9 = -1389.5 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$$

З рівняння 5) знаходимо:

$$\Delta_f H^\circ(\text{BaCl}_{2(\text{тв.})}): \Delta_f H^\circ(\text{BaCl}_{2(\text{тв.})}) = \Delta_5 H^\circ - \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}) + \Delta_f H^\circ(\text{BaO}_{(\text{тв.})}) + 2\Delta_f H^\circ(\text{HCl}_{(\text{г})})$$

$$\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}) = \Delta_7 H^\circ = -285.8$$

$$\Delta_f H^\circ(\text{BaO}_{(\text{тв.})}) = \Delta_8 H^\circ = -548.0$$

$$\Delta_f H^\circ(\text{HCl}_{(\text{г})}) = \Delta_6 H^\circ = -92.3$$

$$\Delta_f H^\circ(\text{BaCl}_{2(\text{тв.})}) = -397.2 + 285.8 - 548.0 - 2 \cdot 92.3 = -844.0$$

$$\text{Отже, } \Delta_f H^\circ(\text{BaSO}_{4(\text{тв.})}) = 203.0 - 2 \cdot (-285.8) - 844.0 - 1389.5 = -1458.9 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$$

3. Розчин BaCl_2 можна отримати, спершу провівши реакцію гідратації 1 моля хлориду барію з утворенням кристалогідрату (при цьому виділяється теплота гідратації $\Delta H_{\text{гідр.}}$), а за тим розчинити кристалогідрат у великій кількості води (при цьому поглинається теплота $\Delta H_{\text{розч.кр.}}$)

$$\text{Отже, } \Delta H_{\text{розч.солі}} = \Delta H_{\text{гідр.}} + \Delta H_{\text{розч.кр.}}, \text{ звідси: } \Delta H_{\text{гідр.}} = \Delta H_{\text{розч.солі}} - \Delta H_{\text{розч.кр.}}$$

З умови задачі тепловий ефект реакції розчинення 26 г BaCl_2 дорівнює -1.39 кДж, а теплота розчинення 26 г двоводного кристалогідрату дорівнює 2 кДж

Розрахуємо теплоти розчинення 1 моль BaCl_2 та 1 моль $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$:

$$\Delta H_{\text{розч.солі}} = \frac{-1,39}{n(\text{BaCl}_2)}$$

$$n(\text{BaCl}_2) = m(\text{BaCl}_2) / M(\text{BaCl}_2)$$

$$M(\text{BaCl}_2) = 208.23 \text{ г/моль}$$

$$\Delta H_{\text{розч.солі}} = \frac{-1,39}{\frac{m(\text{BaCl}_2)}{M(\text{BaCl}_2)}} = \frac{-1,39}{26} \cdot 208.23 = -11.13 \text{ (кДж/моль)}$$

$$\Delta H_{\text{розч.кр.}} =$$

$$\Delta H_{\text{розч.кр.}} =$$

$$n(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) / M(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$$

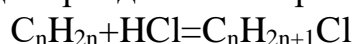
$$M(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 244.23 \text{ г/моль}$$

$$\Delta H_{\text{розч.кр.}} = 2 \cdot 244.23 = 18.79 \text{ кДж/моль}$$

$$\text{Тоді, } \Delta H_{\text{гідр.}} = -11.13 - 18.79 = -29.92 \text{ (кДж/моль)}$$

4. Ізомери. 10 б. 1. Структурні ізомери – це речовини, що мають однаковий якісний та кількісний склад, але різну хімічну будову.

Реакція приєднання хлороводню до алкену в загальному вигляді:



$$n(\text{C}_n\text{H}_{2n})=n(\text{HCl})$$

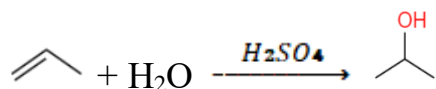
$$m(\text{C}_n\text{H}_{2n})/M(\text{C}_n\text{H}_{2n})=m(\text{HCl})/M(\text{HCl})$$


Тоді, $M(\text{C}_n\text{H}_{2n})= m(\text{C}_n\text{H}_{2n}) \cdot M(\text{HCl})/m(\text{HCl}) = 3.006 \cdot 36.45/2.607=42.03$
(г/моль)

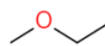
$$12.01 \cdot n + 2 \cdot n = 42.03 \Rightarrow n=3$$

Отже, алкен – пропен

Реакція гідратації пропену:

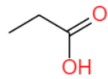


Одна з речовин **A** або **B** – пропан-2-ол (клас – спирти), а інша - пропан-1-ол (клас-спирти) 

Вони мають 1 міжкласовий ізомер (етер) - етилметиловий етер 

Первинні спирти окислюються до альдегідів, які потім легко окислюються до карбонових кислот. Вторинні спирти окислюються до кетонів. Оскільки окисненням речовини **A** хімік отримав речовину, що реагує з магнієм з виділенням газу, очевидно, що це - карбонова кислота, а отже **A** - пропан-1-ол. Тоді **B** – пропан-2-ол.

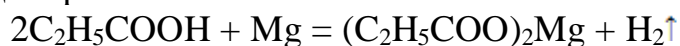
2. Пропанол -1 (**A**) окиснився до **пропанової кислоти** $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$ (**C**)

(клас – карбонові кислоти): 

Пропанол-2 (**B**) окиснився до **ацетону** (**D**) (пропанон-2, клас – кетони):



Реакція пропанової кислоти з магнієм:



Газ, що виділився – водень.

Ацетон – як розчинник застосовують в лабораторній практиці і в промислових масштабах. Його використовують у виробництві лаків, лікарських препаратів, вибухових речовин, в органічному синтезі.

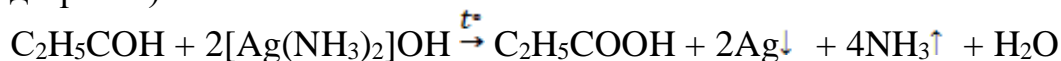
3. Після експерименту в непідписаних колбах залишились такі речовини: пропан-1-ол, пропанова кислота, ацетон, пропаналь.

Можливий варіант відповіді:

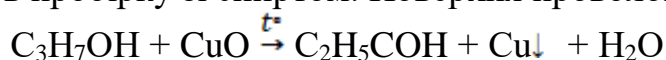
Відібравши в окремі пробірки речовини з кожної колби, кислоту можна виявити реакцією з розчином гідрокарбонату натрію. При цьому в тій пробірці, де знаходиться кислота буде виділятися газ:



Пропаналь – реакцією срібного дзеркала (реакція з аміачним розчином оксиду срібла, при цьому срібло виділяється на стінках пробірки у вигляді блискучого дзеркала):



Пропан-1-ол – реакцією з оксидом міді (II) (якщо розжарити мідну проволочку, її поверхня покриється чорним нальотом CuO, який зникає, якщо опустити її в пробірку зі спиртом. Поверхня проволочки стає блискучою):



Ацетон – методом виключення.

5. Незламний метал. 10 б. 1. **X** - Cr; **A** - FeCr₂O₄, **B** - Na₂CrO₄, **C** - Na₂Cr₂O₇, **D** - Cr₂O₃, **E** - Cr₂(SO₄)₃, **F** - Cr(OH)₃, **G** - Na[Cr(OH)₄], **M** - Fe₂O₃, **N** - K₂S₂O₇

Формулу оксиду **M** встановлюємо, виходячи з масової частки Оксигену та загальної формули оксиду — E₂O_m. Вираз для масової частки Оксигену:

$$0,3006 = \frac{16,00 \cdot m}{16,00 \cdot m + 2A_r(E)}$$

Варіюючи валентність елемента (m), отримаємо при m=3 x=55.84, що відповідає **Fe**, тобто **M** - Fe₂O₃.

Знаючи вихід металу **X** з його оксиду, можна обчислити його масову частку в оксиді

$$\omega(X) = m(X)/m(D) = 30.20/44.14 = 0.6842$$

Тож, масова частка Оксигену дорівнює 1-0.6842=0.3158, і отримаємо вираз залежності молярної маси X від валентності(n) таким самим способом, як для Fe:

$$x = 17.33n; \quad x = 51.99 \text{ при } n=3$$

X – Cr, **D** – Cr₂O₃.

Відомо, що складу **A** входять три елементи, зокрема Оксиген. З **A** отримують Fe₂O₃ та Cr₂O₃

Робимо висновок, що до складу **A** входять Fe, Cr і O. Формула **A** - Fe_xCr_yO_z
Кількості речовин Fe₂O₃ та Cr₂O₃, що отримані з 65 кг **A** дорівнюють:

$$23.19/(55.85 \cdot 2 + 16.00 \cdot 3) \cdot 1000 = 145.2 \text{ моль та}$$

44.14/(52.00 \cdot 2 + 16.00 \cdot 3) \cdot 1000 = 290.4 \text{ моль, відповідно. Мольне співвідношення Fe:Cr — 1:2, тож формула } \mathbf{A} \text{ перетворюється на Fe}_x\text{Cr}_{2x}\text{O}_z

Знаходимо молярну масу **A**, для x=1: n(A)=n(Fe)=2n(Fe₂O₃)=290.4 моль

$$M(A) = 65 \cdot 1000 / 290.4 = 223.83 \text{ г/моль}$$

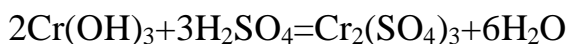
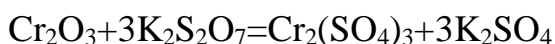
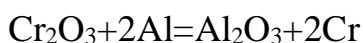
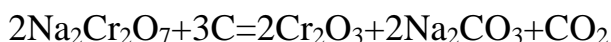
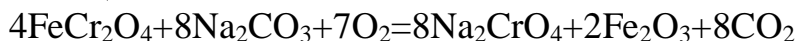
$$z = (M - A_r(\text{Fe}) - 2A_r(\text{Cr})) / A_r(\text{O}) = (223.83 - 55.85 - 52.00 \cdot 2) / 16.00 = 4$$

Кінцева формула **A** — FeCr₂O₄

Жовтий колір мають хромати, що утворюються при окисненні сполук Cr(III) при сплавленні, дихромати — при підкисленні розчинів хроматів. Тому **B** - Na_2CrO_4 , **C** - $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

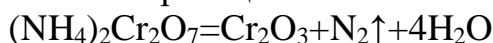
Прожарюванням гідросульфату калію отримують піросульфат. Формулу $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ можна перевірити за масовою часткою Оксигену. Осад **F** – амфотерний гідроксид $\text{Cr}(\text{OH})_3$, що утворює сульфат **E** і гідроксохромат **G**

Реакції:



2. “Хімічний вулкан” — це реакція розкладання дихромату амонію. Роблять гірку з дихромату амонію, в центр кладуть кусочок вати, змоченою спиртом. Вулкан підпалюють, при цьому з його “жерла” викидається велика кількість брудно-зеленого оксиду хрому(III). Внаслідок виділення великої кількості газу об’єм Cr_2O_3 в багато раз перевищує початковий.

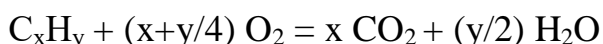
Рівняння реакції:



3. Інертність Cr_2O_3 у порівнянні з $\text{Cr}(\text{OH})_3$ можна пояснити відсутністю активних гідроксогруп у його будові.

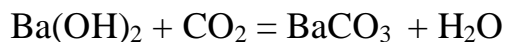
6. Гомологи. 10 б. 1. Виходячи з умов можна зрозуміти, що спалюють органічну речовину та утворюється суміш яка при охолодженні дає рідину та газ. Виходячи з рівняння горіння органічних речовин єдиним варіантом є H_2O - **X** та CO_2 - **Y**.

Запишемо рівняння горіння в загальному вигляді:



Для знаходження формули речовини необхідно знайти коефіцієнти x та y . Кількість речовини води відома, адже відома маса води, а кількість речовини вуглекислого газу дорівнює кількості речовини осаду карбонату барію.

$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) / M(\text{H}_2\text{O}) = 0.5625 / 18 = 0.0625 \text{ моль}$$



$$n(\text{BaCO}_3) = n(\text{CO}_2) = m(\text{BaCO}_3) / M(\text{BaCO}_3) = 15.4165 / 197.34 = 0.07812$$

моль.

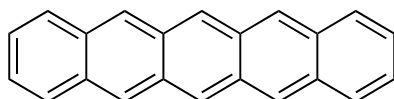
$$x/y = n(\text{BaCO}_3) / 2n(\text{H}_2\text{O}) = 78.12 \text{ ммоль} / 62.5 \text{ ммоль} = 1.25 / 1 = 5 / 4.$$

Виходячи з того, що молекулярна маса в діапазоні від 115 до 140, то логічним буде зробити висновок, що сполука **A2** - C_{10}H_8 . А через те що вона повністю циклічна робимо висновок що це нафталін.

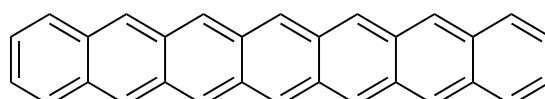
2. Виходячи з співвідношень молекулярних мас:



A1



A3



A4

$$M(\text{A2}) : M(\text{A1}) : M(\text{A3}) : M(\text{A4}) = 1 : 0.6094 : 2.1719 : 2.9531$$

Молекулярні маси гомологів:

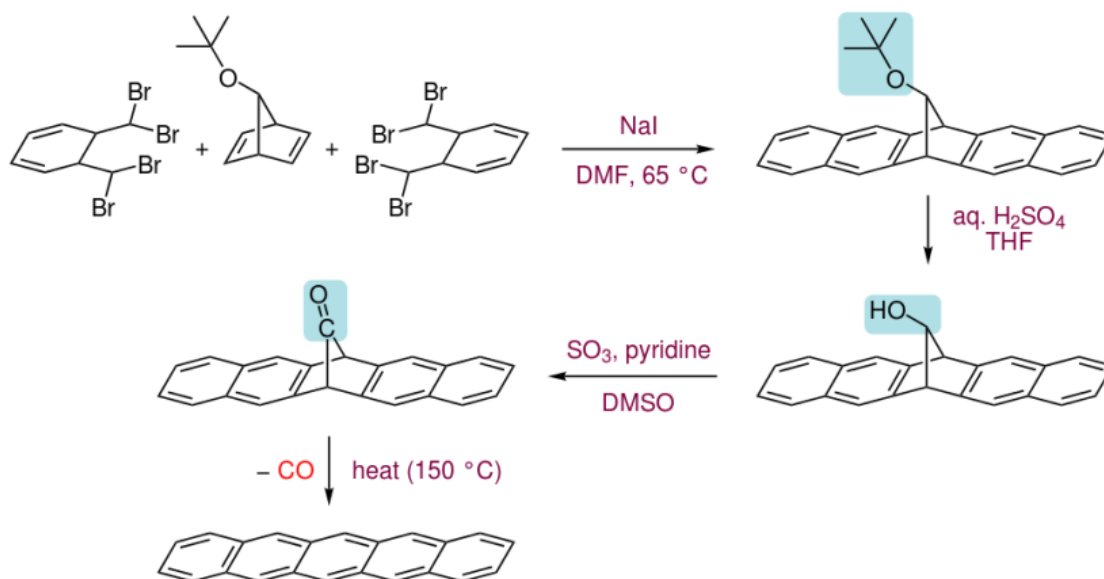
$$M(\text{A1}) = M(\text{A2}) \cdot 0.6094 = 128.1 \text{ г/моль} \cdot 0.6094 = 78.06 \text{ г/моль} - \text{C}_6\text{H}_6$$

$$M(\text{A3}) = M(\text{A2}) \cdot 2.1719 = 128.1 \text{ г/моль} \cdot 2.1719 = 278.22 \text{ г/моль} - \text{C}_{22}\text{H}_{14}$$

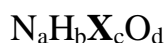
$$M(\text{A4}) = M(\text{A2}) \cdot 2.9531 = 128.1 \text{ г/моль} \cdot 2.9531 = 378.29 \text{ г/моль} - \text{C}_{30}\text{H}_{18}$$

Гомологічна різниця C_4H_2

3. Синтез гомолога **A3**



7. Хамелеон. 10 б. 1. Використаємо інформацію щодо масової частки елементів, запишемо формулу сполуки у вигляді



$$0,855 : 3.42 : (43.56/A_x) : 2.565$$

Ми знаємо, що це сіль амонію (NH_4^+), тому прийmemo, що азот один в формулі сполуки:

$$1 : 4 : (43.56/A_x) : 3$$



Методом підбору знайдемо атомну масу елемента **X**:

$$\frac{43,56}{A_x} = 0.855, \text{ якщо } c = 1; A_x = 50.95 - \text{ванадій}$$

$$\frac{43,56}{A_x} = 1.71, \text{ якщо } c = 2; A_x = 25.47 - \text{немає відповідності}$$

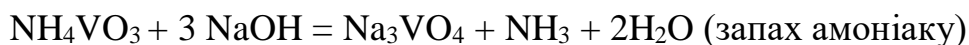
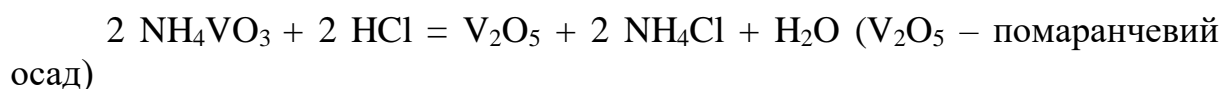
$$\frac{43,56}{A_x} = 2.56, \text{ якщо } c = 3; A_x = 16.98 - \text{немає відповідності}$$

Отже, NH_4VO_3 - метаванадат амонію.

Ступені окиснення елементів в сполуці:

N (-3), H (+1), V (+5), O (-2). Ванадій в ступені окиснення +5 проявляє властивості окисника.

1. Реакції з лугом та кислотою:

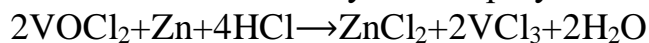


Реакції після додавання цинку



В розчині починають з'являтися катіони **ванадію** VO^{2+} , які синього кольору, але разом із жовтим забарвленням вихідного розчину ми бачимо світло-зелений колір розчину.

Відновлення на цьому не завершується і наступний продукт ванадій (+3)



в кінці — фіолетовий розчин ванадію(II).

