

Розв'язки завдань дистанційного (заочного) туру

олімпіади з хімії

Задача 1:

До суміші метану, водню і азоту об'ємом 33,0 мл додали 54,0 мл кисню. Після завершення реакції і конденсації парів води об'єм суміші став рівним 31,2 мл. При пропусканні продуктів через надлишок розчину натрій гідроксиду об'єм зменшився до 9,6 мл. Визначте вміст метану і водню у вихідній суміші в об'ємних частках. Результат представте як суму об'ємних часток з точністю до сотих.

Дано:

$$V(\text{CH}_4, \text{H}_2, \text{N}_2) = 0,033 \text{ л}$$

$$V(\text{O}_2) = 0,054 \text{ л}$$

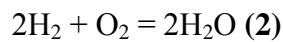
$$\Delta V_1 = 0,0312 \text{ л}$$

$$\Delta V_2 = 0,0096 \text{ л}$$

$$\varphi(\text{H}_2) + \varphi(\text{CH}_4) = ?$$

Розв'язання

Рівняння реакції горіння газової суміші:



$\text{N}_2 + \text{O}_2 \neq$ не горить за даних умов

Гідроксид натрію поглинув $31,2 - 9,6 = 21,6$ мл CO_2 . Отже,

$V(\text{CO}_2) = 21,6$ мл. За рівнянням реакції (1): $V(\text{CO}_2) = V(\text{CH}_4)$. Отже, $V(\text{CH}_4) = 21,6$ мл. На спалювання метану витрачається вдвічі більший об'єм кисню, згідно рівняння (1). Отже, $V_1(\text{O}_2) = 2 \cdot 21,6 = 43,2$ мл. Залишилось кисню після спалювання метану: $V_2(\text{O}_2) = 54 - 43,2 = 10,8$ мл.

$$V(\text{H}_2) + V(\text{N}_2) = V(\text{CH}_4, \text{H}_2, \text{N}_2) - V(\text{CH}_4) = 33,0 - 21,6 = 11,4 \text{ (мл)}$$

$$V(\text{H}_2) = y; V(\text{N}_2) = z; y + z = 11,4 \text{ мл. У продуктах реакції } V(\text{N}_2) + V_3(\text{O}_2) = 9,6 \text{ мл (за умовою).}$$

На спалювання водню витрачається вдвічі менший об'єм кисню, згідно рівняння (2). Отже, на спалювання y мл H_2 витрачається $0,5y$ мл O_2 . Тоді у продуктах реакції залишається $V_3(\text{O}_2) = (10,8 - 0,5y)$ мл та z мл N_2 . Складемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} (10,8 - 0,5y) + z = 9,6 \text{ мл} \\ y + z = 11,4 \end{cases}$$

$$\text{Звідси } y = 8,4 \text{ мл; } z = 3,0 \text{ мл}$$

$$\text{Отже, } V(\text{H}_2) = 8,4 \text{ мл; } V(\text{N}_2) = 3,0 \text{ мл; } V(\text{CH}_4) = 21,6 \text{ мл.}$$

$$\varphi(\text{H}_2) = 0,25 \text{ (25\%); } \varphi(\text{CH}_4) = 0,65 \text{ (65\%); } \varphi(\text{H}_2) + \varphi(\text{CH}_4) = 0,90 \text{ (90 \%)}$$

Відповідь: $\varphi(\text{H}_2) + \varphi(\text{CH}_4) = 0,90$ (90 %)

Задача 2:

Суміш порошків цинку, міді і магнію масою 8,5 г обробили надлишком соляної кислоти. При цьому виділилось 3,36 л газу (н. у.). Нерозчинний залишок розчинили в концентрованій азотній кислоті з виділенням 0,56 л газу (н. у.). Визначте масову частку магнію в суміші (з точністю до сотих).

Дано:

$$m(\text{Zn, Cu, Mg}) = 8,5 \text{ г}$$

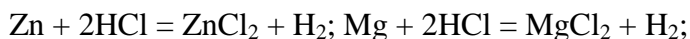
$$V(\text{H}_2) = 3,36 \text{ л}$$

$$V(\text{NO}_2) = 0,56 \text{ л}$$

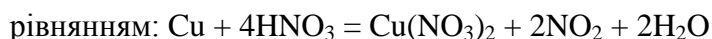
$$\omega(\text{Mg}) = ?$$

Розв'язання

З HCl взаємодіють Zn і Mg з виділенням водню:



нерозчинний залишок – мідь, яка взаємодіє з HNO₃ за



За об'ємом NO₂ визначимо вміст міді – m(Cu):

$$m(\text{Cu}) = \frac{M(\text{Cu}) \cdot V(\text{NO}_2)}{2V_M(\text{NO}_2)} = \frac{64 \cdot 0,56}{2 \cdot 22,4} = 0,8 \text{ г}$$

$$m(\text{Zn}) + m(\text{Mg}) = 8,5 - 0,8 = 7,7 \text{ г}$$

m(Mg) = X г; m(Zn) = (7,7 - X) г. Вказані маси Mg та Zn витісняють, відповідно, V₁ і V₂ об'єми водню: V₁ + V₂ = 3,36 л

$$V_1(\text{H}_2) = \frac{V_M(\text{H}_2) \cdot X}{M(\text{Mg})} = \frac{22,4 \cdot X}{24};$$

$$V_2(\text{H}_2) = \frac{V_M(\text{H}_2) \cdot (7,7 - X)}{M(\text{Zn})} = \frac{22,4 \cdot (7,7 - X)}{65};$$

$$\frac{22,4 \cdot X}{24} + \frac{22,4 \cdot (7,7 - X)}{65} = 3,36; X = 1,20 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Mg}) = 1,20 / 8,5 = 0,14 \text{ (14\%)}$$

Відповідь: $\omega(\text{Mg}) = 0,14$ (14%)

Задача 3:

Спалили 5,6 л пропан-бутанової суміші, густина якої за воднем дорівнює 26,2. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин їдкого натру, в результаті чого утворилося 600 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.

Дано:

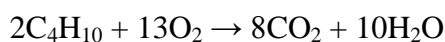
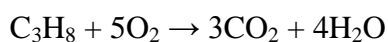
$$V(\text{C}_3\text{H}_8, \text{C}_4\text{H}_{10}) = 5,6 \text{ л}$$

$$D_{\text{H}_2} = 26,2$$

$$m(\text{розчину}) = 600 \text{ г}$$

$$\omega(\text{соди}) = ?$$

Розв'язання



За формулою відносної густини двох газів визначаємо молярну масу шуканої пропан-бутанової суміші.

$$D = \frac{M_{\text{газ1}}}{M_{\text{газ2}}}$$

$$26,2 = M_{\text{суміші}}/M_{\text{водню}}; M_{\text{суміші}} = 26,2 \cdot 2 = 52,4 \text{ г/моль}$$

Нехай у початковій суміші об'ємна частка пропану становить x , тоді бутану – $(1-x)$.

Молярну масу суміші газів визначаємо за формулою:

$$M_{\text{суміші}} = M(\text{C}_3\text{H}_8) \cdot \varphi(\text{C}_3\text{H}_8) + M(\text{C}_4\text{H}_{10}) \cdot \varphi(\text{C}_4\text{H}_{10})$$

$$M_{\text{суміші}} = 44 \cdot x + (1-x) \cdot 58$$

$$52,4 = 44x + 58 - 58x$$

$$5,6 = 14x, \text{ звідси } x = 0,4.$$

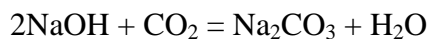
Отже, шукана суміш складається з 40% пропану і 60% бутану за об'ємом.

$$V(\text{C}_3\text{H}_8) = 5,6 \cdot 0,4 = 2,24 \text{ л, що становить } 0,1 \text{ моль, тоді}$$

$$V(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 3,36, v = 0,15 \text{ моль.}$$

Кількість речовини пропану відноситься до кількості речовини вуглекислого газу, одержаного за при спалюванні пропану, як 1 до 3. Тоді $v(\text{CO}_2) = 0,3$ моль. Кількість отриманого вуглекислого газу при спалюванні бутану відповідно становить 0,6 моль. Загальна кількість отриманого вуглекислого газу = 0,9 моль.

Який далі пропускали крізь розчин гідроксиду натрію (їдкого натру). За недостатчі лугу в ході реакції утворюється кисла сіль гідрокарбонату натрію, який надалі реагує з надлишком основи з утв. карбонату.



Оскільки розчин їдкого натру дано у надлишку розрахунки проводимо за схемою утворення середньої солі карбонату натрію.

Кількість речовини утвореної солі становить 0,9 моль. Тож маса утвореної солі:

$$m = 0,9 \cdot 106 = 95,4 \text{ г.}$$

$$\text{Отже, } W(\text{Na}_2\text{CO}_3) = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) / m(\text{розчину}) \cdot 100\%;$$

$$W(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 95,4 / 600 \cdot 100\% = 15,9\%.$$

Відповідь: 15,9%.

Задача 4:

Залишок, одержаний після прожарювання ферум (II) нітрату, був стоплений із надлишком натрію гідрогенсульфату. Після розчинення продуктів у воді, в розчин була занурена мідна платівка. Через деякий час її вага зменшилася на 8 г, а потім залишалася незмінною. Знайти масу вихідного $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$.

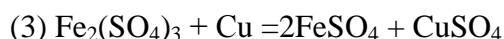
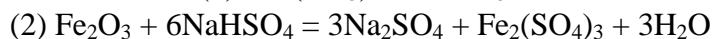
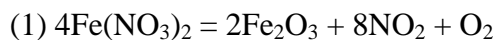
Дано:

$$\Delta m(\text{Cu}) = 8 \text{ г}$$

$$m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = ?$$

Розв'язання

Запишемо рівняння процесів, які відбуваються:



Завдання зручно розв'язати в такий спосіб.

Визначимо скільки моль міді вступило до реакції (3):

$$1 \text{ моль Cu} - 64 \text{ г}$$

$$X \text{ моль Cu} - 8 \text{ г}$$

$$X = 0,125 \text{ (моль Cu)}$$

Тепер, згідно з наведеним рівнянням (3):

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ було також 0,125 моль, тоді

Fe_2O_3 утворилося також 0,125 моль, згідно рівняння (2).

Вихідного $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ було вдвічі більше, відповідно до рівняння (1): $0,125 \cdot 2 = 0,25$ (моль).

Знайдемо масу нітрату Феруму (II):

$$1 \text{ моль Fe}(\text{NO}_3)_2 - 180 \text{ г}$$

$$0,25 \text{ моль} - X \text{ г}$$

$$X = 45 \text{ (г) Fe}(\text{NO}_3)_2$$

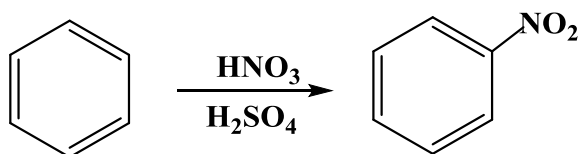
Відповідь: 45 г нітрату Феруму (II).

Задача 5:

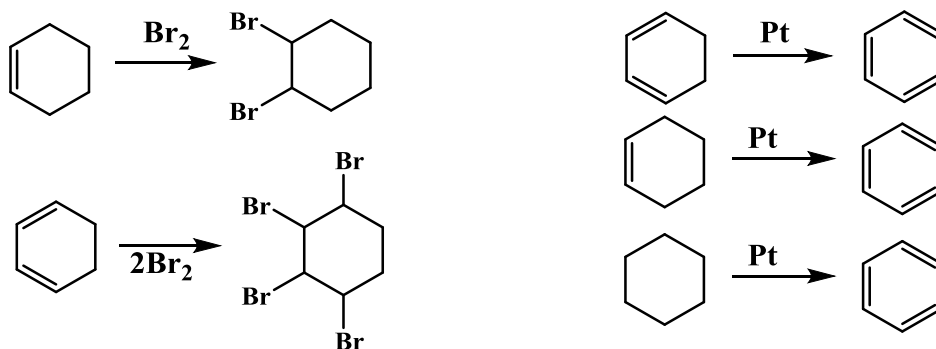
Три рідкі вуглеводні **A**, **Б** та **В** мають однакову кількість атомів Карбону в молекулі. Вуглеводень **В** можна одержати як з **A**, і так із **Б**. Відомо також, що тільки вуглеводень **Б** знебарвлює розчин бром у воді при кімнатній температурі. Вуглеводень **В** реагує з конц. HNO_3 в присутності конц. H_2SO_4 , утворюючи рідину з мигдалевим запахом. Знайдіть структуру вуглеводнів **A**, **Б** та **В** і напишіть схеми реакцій.



Оскільки вуглеводень **Б** знебарвлює бромну воду ми можемо стверджувати про наявність у його структурі кратних зв'язків (проте не у ароматичному ядрі). Вуглеводень **В** реагує з конц. HNO_3 в присутності конц. H_2SO_4 , утворюючи рідину з мигдалевим запахом. Це реакція нітрування ароматичних вуглеводнів:



Отже, можемо стверджувати, що вуглеводень **В** – бензен, тоді всі інші вуглеводні також містять по 6 атомів Вуглецю. Знебарвлення бромної води, що вказує на наявність кратних зв'язків, отже це буде –циклогексен (або циклогексадієн). Тоді **A** – циклогексан.

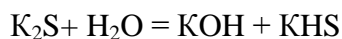


Задача 6:

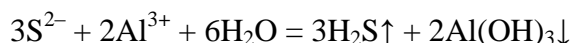
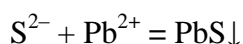
У п'ятьох пробірках знаходяться водні розчини натрію сульфату, плюмбум(II) ацетату, калію сульфіді, алюмінію (III) хлориду, барію нітрату. Як, не використовуючи жодних додаткових реактивів, розпізнати, де який розчин знаходиться?

Розв'язання

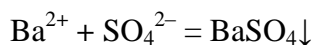
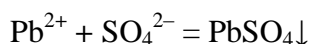
Розчини у пробірках безбарвні та при кімнатній температурі не мають запаху, окрім пробірки у якій міститься розчин калій сульфіді. Сіль K_2S частково гідролізує по аніону з утворенням гідросульфід-аніонів, що мають характерний запах тухлих яєць. Процес гідролізу відбувається за рівнянням:



До частини розчинів з інших пробірок вносимо розчин калій сульфіді. У пробірці з плюмбум ацетатом випаде чорний осад плюмбум сульфіді, а у пробірці з алюміній хлоридом випаде білий осад алюміній гідроксиду і виділиться газ з характерним запахом в результаті повного гідролізу утвореної солі. Рівняння відповідних реакцій:



Для ідентифікації солей в останніх двох пробірках, до части розчину з цих пробірок доливаємо розчин плюмбум ацетату. У пробірці з натрій сульфатом випаде білий осад малорозчинної солі плюмбум сульфату. Отже, в іншій пробірці залишиться розчин барій нітрату. Щоб упевнитися в цьому, до останньої пробірки доливаємо розчин натрій сульфату. За наявності катіонів барію у пробірці випаде білий осад барій сульфату. Рівняння відповідних реакцій:



Описаний спосіб розв'язку можна проілюструвати таблицею, наведеною нижче.

	K_2S	$Pb(CH_3COO)_2$	$AlCl_3$	Na_2SO_4	$Ba(NO_3)_2$
K_2S	Запах тухлих яєць	$PbS\downarrow$ чорний осад	$Al(OH)_3\downarrow$ білий осад, $H_2S\uparrow$ (запах тухлих яєць)	—	—
$Pb(CH_3COO)_2$				$PbSO_4\downarrow$ білий осад	—
Na_2SO_4					$BaSO_4\downarrow$ білий осад

Задача 7:

При кип'ятінні водного розчину харчової соди утворюється водний розчин натрій карбонату. Розрахуйте, яка повинна бути масова частка натрій гідрокарбонату у вихідному розчині, щоб після кип'ятіння отримати 5,83 %-вий розчин натрій карбонату. Втратами води при кип'ятінні знехтувати.

Дано:

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 5.38\%$$

$$\omega(\text{NaHCO}_3)_{\text{вих.}} = ?$$

Розв'язання

Запишемо рівняння процесу, що відбувається:



Припустимо, що прокип'ятили 100 г X% розчину NaHCO₃. В 100 г X% розчину NaHCO₃ міститься X г солі.

Маса Na₂CO₃ після кип'ятіння буде рівна:

$$2 \cdot 84 \text{ г (NaHCO}_3) - 106 \text{ г (Na}_2\text{CO}_3)$$

$$X \text{ г (NaHCO}_3) - m \text{ (Na}_2\text{CO}_3) \text{ г}$$

$$\text{Тоді, } m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{106X}{2 \cdot 84} = 0,63X;$$

Знайдемо масу вуглекислого газу, що виділився:

$$2 \cdot 84 \text{ г (NaHCO}_3) - 44 \text{ г (CO}_2)$$

$$X \text{ г (NaHCO}_3) - m \text{ (CO}_2) \text{ г}$$

$$\text{Тоді, } m(\text{CO}_2) = \frac{44X}{2 \cdot 84} = 0,26X;$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot 100\%}{m_{\text{розчину}}} = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot 100\%}{100 - m(\text{CO}_2)} = \frac{0,63X \cdot 100\%}{100 - 0,26X} = 5,83\%$$

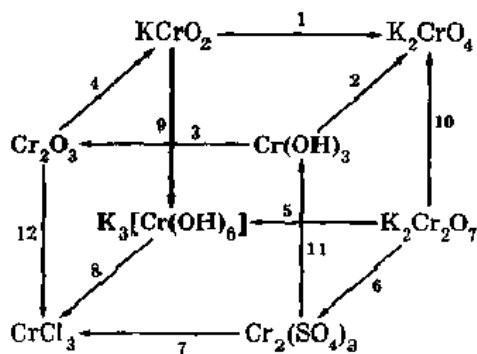
$$\text{Звідси складаємо рівняння } 5,83 \cdot (100 - 0,26X) = 0,63X \cdot 100$$

$$x = 9,5 \%$$

Відповідь: $\omega(\text{NaHCO}_3) = 9,5\%$

Задача 8:

Напишіть рівняння реакцій, що відповідають наступній схемі:



Розв'язання

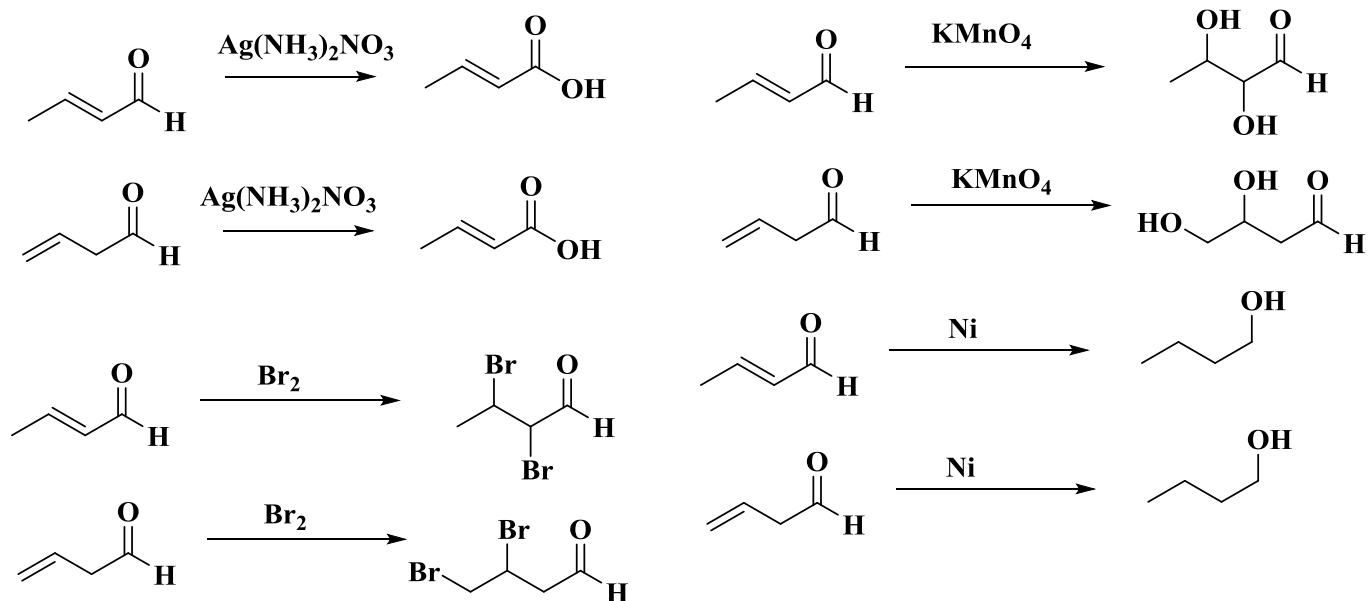
Вказану схему перетворень можна проілюструвати наступними рівняннями реакцій:

- 1) $2\text{KCrO}_2 + 6\text{Cl}_2 + 8\text{KOH} = 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 6\text{KCl} + 4\text{H}_2\text{O}$
- 2) $2\text{Cr(OH)}_3 + 3\text{Cl}_2 + 10\text{KOH} = 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 6\text{KCl} + 8\text{H}_2\text{O}$
- 3) $2\text{Cr(OH)}_3 \xrightarrow{t^0} \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{KOH} = 2\text{KCrO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 5) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 10\text{KOH} + 3\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{K}_3[\text{Cr(OH)}_6] + 3\text{K}_2\text{SO}_4$
- 6) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 3\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 7) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{BaCl}_2 = 2\text{CrCl}_3 + 3\text{BaSO}_4$
- 8) $\text{K}_3[\text{Cr(OH)}_6] + 6\text{HCl} = 3\text{KCl} + \text{CrCl}_3 + 6\text{H}_2\text{O}$
- 9) $\text{KCrO}_2 + 2\text{KOH} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{K}_3[\text{Cr(OH)}_6]$
- 10) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 2\text{KOH} = 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 11) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NH}_4\text{OH} = 2\text{Cr(OH)}_3 + 3(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- 12) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} = 2\text{CrCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

Задача 9:

Наведіть одну з можливих структурних формул речовини А C_4H_6O , що вступає в реакцію «срібного дзеркала», знебарвлює бромну воду і холодний розчин калій перманганату. При взаємодії з воднем у присутності нікелевого каталізатора речовина А перетворюється у сполуку складу $C_4H_{10}O$. Напишіть рівняння реакцій.

Взаємодія з аміачним розчином аргентум нітрату (а саме реакція «срібного дзеркала») в якості якісної реакції на альдегідну групу, що вказує на її наявність у шуканій структурі. Знебарвлення ж бромної води і розчину перманганату – наявність кратних зв'язків. Отже, вірно буде запропонувати структуру бут-2-еналю або бут-3-еналю.

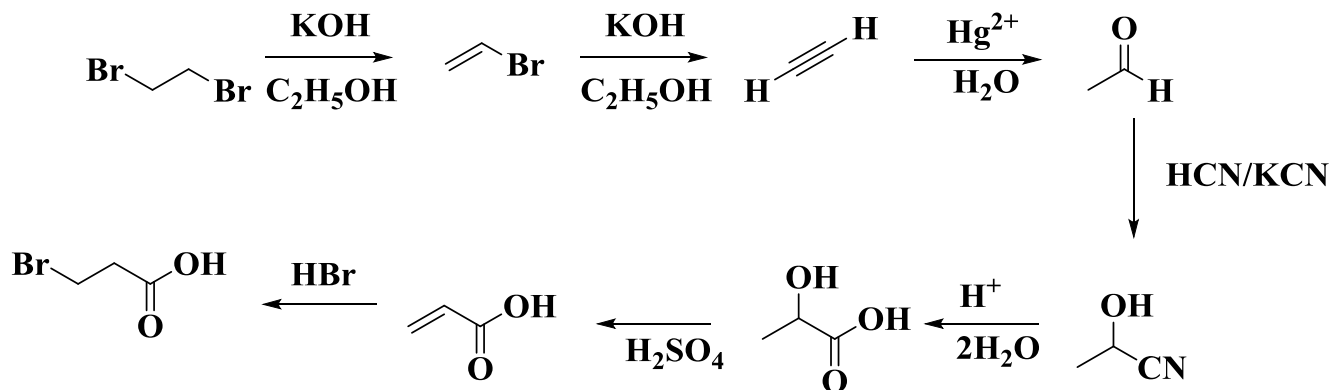


Задача 10:

Напишіть рівняння реакцій, що відповідають такій послідовності перетворень.



Розв'язання



На першій стадії відбувається відщеплення двох молекул галогеноводню в присутності спирту з утворенням етину (А), що далі вступає в реакцію Кучерова з утворенням оцетового альдегіду (етаналу). Синильна кислота (HCN) приєднується до електронodefіцитного атома Карбону карбонільної групи з утворенням продукту В, що далі піддається гідролізу з утворенням молочної кислоти (Г) з подальшим відщепленням води і утворенням акрилової кислоти (Д). На останньому етапі через вплив карбоксильної групи відбувається приєднання галогеновідню проти правила Марковнікова.