

Частина I

1. (13 балів) Константи дисоціації карбонатної кислоти $K_{a1}=4,3 \cdot 10^{-7}$ та $K_{a2}=4,7 \cdot 10^{-11}$. Розчинений вуглекислий газ перебуває в рівновазі з розчином згідно наступного рівняння реакції: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$. В деякому водному розчині рН якого 8,0, концентрація розчиненого CO_2 складає 22 мг/л. Яка концентрація CO_2 і H^+ в такому розчині в моль/л? Яка концентрація йонів HCO_3^- ? Яка концентрація йонів CO_3^{2-} ? До цього розчину добавили трохи HCl і рН знизився до 7,0. Якою стане концентрація йонів HCO_3^- та CO_3^{2-} ? Та якою стане концентрація розчиненого CO_2 в мг/л?

Дано: $K_{a1} = 4,3 \cdot 10^{-7}$ $K_{a2} = 4,7 \cdot 10^{-11}$ $\text{pH} = 8$ $C_{\text{CO}_2} = 22 \text{ мг/л}$ $\text{pH}' = 7$	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \quad K_{a1} = 4,3 \cdot 10^{-7}$ $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} \quad K_{a2} = 4,7 \cdot 10^{-11}$ $[\text{CO}_2] = \frac{22 \cdot 10^{-3} \text{ г/л}}{44 \text{ г/моль}} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$ $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-8} \text{ моль/л}$ $K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]}$ <i>знаємо</i> $[\text{HCO}_3^-] = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{10^{-8}} = 0,0215 \text{ (моль/л)} (2,15 \cdot 10^{-2})$ $K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]}$ <i>знаємо</i> $[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{4,7 \cdot 10^{-11} \cdot 2,15 \cdot 10^{-2}}{10^{-8}} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ (моль/л)}$
--	--

При додаванні HCl загальна кількість Карбону не змінилась.

Рівновага між р'ївнянь змінюється в міру створення розчину

нові р'ївноважні концентрації знають: $[\text{CO}_3^{2-}]' = [\text{CO}_3^{2-}] - x$, $[\text{CO}_2]' = [\text{CO}_2] + y$

$[\text{HCO}_3^-]' = [\text{HCO}_3^-] + x - y$, тоді: $[\text{H}^+]' = 10^{-7} \text{ моль/л}$

$K_{a1} = \frac{[\text{H}^+]'([\text{HCO}_3^-]' + x - y)}{[\text{CO}_2]' + y} \quad K_{a2} = \frac{[\text{H}^+]'([\text{CO}_3^{2-}] - x)}{[\text{HCO}_3^-]' + x - y}$

Тоді: $4,3 \cdot 10^{-7} (5 \cdot 10^{-4} + y) = 10^{-7} (2,15 \cdot 10^{-2} + x - y) \quad | : 10^{-7}$

$2,15 \cdot 10^{-3} + 4,3y = 2,15 \cdot 10^{-2} + x - y$

$0,01935 + x - 5,3y = 0$

З іншого рівняння (K_{a2})

$4,7 \cdot 10^{-11} (2,15 \cdot 10^{-2} + x - y) = 10^{-7} (10^{-4} - x) \quad | : 10^{-7}$

$10^{-5} + 4,7 \cdot 10^{-4}x - 4,7 \cdot 10^{-4}y = 10^{-4} - x$

$9 \cdot 10^{-5} - x + 4,7 \cdot 10^{-4}y = 0 \Rightarrow x = -9 \cdot 10^{-5} - 4,7 \cdot 10^{-4}y$

Підставимо в перше рівняння

$0,01935 - 9 \cdot 10^{-5} - 4,7 \cdot 10^{-4}y - 5,3y = 0$

$1,845 \cdot 10^{-3} - 5,3y = 0 \quad y = \frac{1,845 \cdot 10^{-3}}{5,3} = 3,48 \cdot 10^{-4}$

Тоді: $x = -9 \cdot 10^{-5} - 4,7 \cdot 10^{-4} \cdot 3,48 \cdot 10^{-4} = 9 \cdot 10^{-5}$

Знаємо $[\text{CO}_3^{2-}]' = 10^{-4} - 9 \cdot 10^{-5} = 10^{-5} \text{ моль/л}$; $[\text{CO}_2]' = 5 \cdot 10^{-4} + 3,48 \cdot 10^{-4} = 8,48 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$

$[\text{HCO}_3^-]' = 2,15 \cdot 10^{-2} + 9 \cdot 10^{-5} - 3,48 \cdot 10^{-4} = 0,0212 \text{ моль/л}$

$C_{\text{CO}_2} = 8,48 \cdot 10^{-4} \cdot 44 \text{ г/моль} = 3,73 \cdot 10^{-2} \text{ г/моль} = 37,3 \text{ мг/моль}$

Частина I

2. (12 балів) Суміш алкану, алкіну та алкену об'ємом 11,2л (н. у.) може прореагувати з 23,2г аргентуму (I) оксиду (в аміачному розчині) або приєднати 96г брому. Визначте масові частки вуглеводнів у суміші, якщо відомо, що вони містять однакову кількість атомів Карбону і 1л суміші (н. у.) має масу 1,86г.

Дано: $V_0 = 11,2 \text{ л}$
 $m(\text{Ag}_2\text{O}) = 23,2 \text{ г}$
 $m(\text{Br}_2) = 96 \text{ г}$
 $V_0 = 1 \text{ л}$
 $m_0 = 1,86 \text{ г}$

З аміачним розчином реагує лише алкен.
 Середня молярна маса суміші: M_0 дор.
 $1 \text{ л} = 1,86 \text{ г}$
 $x = \frac{22,4 \cdot 1,86}{1} = 41,56 \text{ г/моль}$
 Оскільки всі вуглеводні мають однакову кількість карбонів то ця кількість повинна бути 3, бо у іншому випадку кількість карбонів така неможлива.
 $\omega(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) - ?$
 $\omega(\text{C}_n\text{H}_{2n}) - ?$
 $\omega(\text{C}_n\text{H}_{2n-2}) - ?$

$2 \text{ C}_3\text{H}_4 - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H} + \text{Ag}_2\text{O} \xrightarrow{\text{NH}_3} 2 \text{ C}_3\text{H}_5 - \text{C} \equiv \text{C} - \text{Ag} + \text{H}_2\text{O}$

$$V(\text{Ag}_2\text{O}) = \frac{23,2}{232} = 0,1 \text{ моль} \quad \text{тоді} \quad V(\text{C}_3\text{H}_4) = 0,1 \text{ моль} \cdot 2 = 0,2 \text{ моль}$$

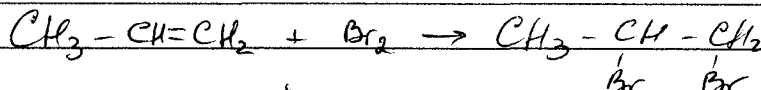
3 бромом реагує і пропен, і пропіл. бр.
 $\text{C}_3\text{H}_5 - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H} + 2 \text{ Br}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_5 - \text{C}(\text{Br}) - \text{C}(\text{Br}) - \text{H}$

$$\text{Кількість Br}_2 \text{ у реакції: } V(\text{Br}_2) = 2 V(\text{C}_3\text{H}_4) = 2 \cdot 0,2 \text{ моль} = 0,4 \text{ моль}$$

$$m(\text{Br}_2) = 0,4 \text{ моль} \cdot 160 \text{ г/моль} = 64 \text{ г}$$

На реакцію з пропеном замінилося $96 \text{ г} - 64 \text{ г} = 32 \text{ г}$

$$V(\text{Br}_2) = \frac{32}{160} = 0,2 \text{ моль}$$



$$V(\text{C}_3\text{H}_6) = V(\text{Br}_2) = 0,2 \text{ моль}$$

$$V_{\text{суміші}} = \frac{11,2}{22,4} = 0,5 \text{ моль}$$

$$\text{тоді} \quad V(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,5 \text{ моль} - 0,2 \text{ моль} - 0,2 \text{ моль} = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_4) = 0,2 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 8 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,2 \text{ моль} \cdot 42 \text{ г/моль} = 8,4 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,1 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 4,4 \text{ г} \quad m_0 = 20,8 \text{ г}$$

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_4) = \frac{8}{20,8} = 0,3846 \text{ або } 38,46\%$$

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_6) = \frac{8,4}{20,8} = 0,4038 \text{ або } 40,38\%$$

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_8) = \frac{4,4}{20,8} = 0,2115 \text{ або } 21,15\%$$

Частина II

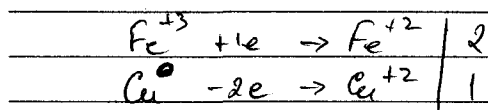
1. (12 балів) А) У окисно-відновній реакції конфігурації валентних електронів двох елементів змінюються наступним чином: $3d^5 \rightarrow 3d^6$ та $4s^1 3d^{10} \rightarrow 3d^9$. Визначте елементи, напишіть рівняння реакції, розставте коефіцієнти методом електронного балансу.

Б) Однозарядний йон в якому окисник має електронну конфігурацію зовнішнього рівня $3s^2 3p^6$ реагує з однозарядним йоном відновником електронна формула елемента в якому $5s^2 5p^6$. Запишіть електроно-йонні напівреакції. Враховуючи, що окисник перетворюється в йон з електронною конфігурацією $4s^0 3d^5$, в якому середовищі відбувається реакція. Збалансуйте електроно-йонним балансом та запропонуйте сумарне рівняння реакції

А) можливі окисники $3d^5$: Cr^{+1} - не існує, Mn^{+1} - не існує, Fe^{+2} , Co^{+3} , Ni^{+4} , Cu^{+5} } не існують.
 Fe^{+3} , Co^{+4} , Mn^{+5} , Cu^{+6} }

Єдиний можливий варіант $Fe^{+3} \rightarrow Fe^{+2}$
 можливі ~~окисники~~ $4s^1 3d^{10}$: Cu^0 , Zn^{+1} , Co^{+2} , Ni^{+1} , Co^{+2} } не існують.
 Co^{+2}

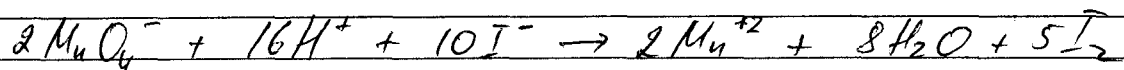
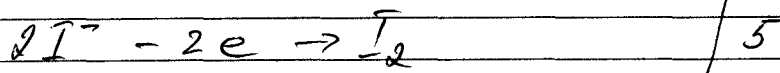
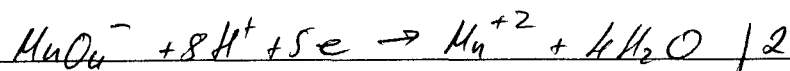
Тоді це елементи Fe і Cu, реакція
 $2FeCl_3 + Cu \rightarrow CuCl_2 + 2FeCl_2$



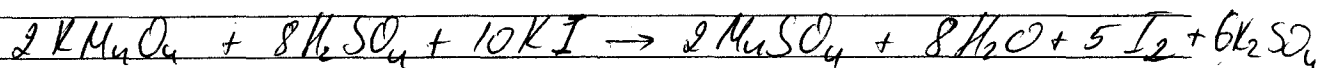
Б) Окисник приймає електрони отже можливі елементи виступають
 K^+ , Ca^{+2} , Sc^{+3} , Ti^{+4} , V^{+5} , Cr^{+6} } не окисники
 атоми $4s^0 3d^5$ це: Cr^{+1} - не існує, Mn^{+2} , Fe^{+3} , Co^{+4} - не існують.

Отже єдиний варіант $Mn^{+2} \rightarrow Mn^{+7}$,
 одержувач електронів Mn^{+2} це MnO_4^-
 Відновник буде електрон тоді можливі варіанти
 I^- , Fe^{+2} , Sb^{+3} , Sn^{+4}
 не задовольняє умову тоді

йон відновник I^- .

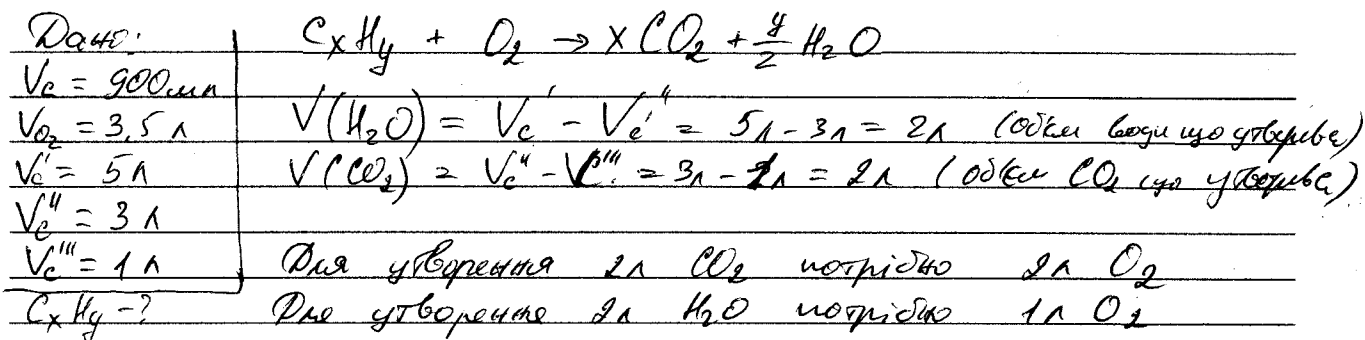


Зазначай для збалансування середовища використуються H_2SO_4 , а найбільш поширена сполука перманганату це калій перманганат. Тоді рівняння:



Частина II

2. (13 балів) До 900 мл суміші азоту з деяким вуглеводнем в газоподібному стані додали 3,5 л (надлишок) кисню і підпалили. Об'єм одержаної після згоряння суміші становив 5 л, а після конденсації парів води скоротився до 3 л. Нове скорочення об'єму до 1 л спостерігалось в результаті пропускання газів через розчин калій гідроксиду. Об'єми вимірювалися за однакових умов. Установіть формулу вуглеводню. Якщо такий вуглеводень має ізомери, тоді зобразіть їх всі можливі структурні формули та назвіть їх.

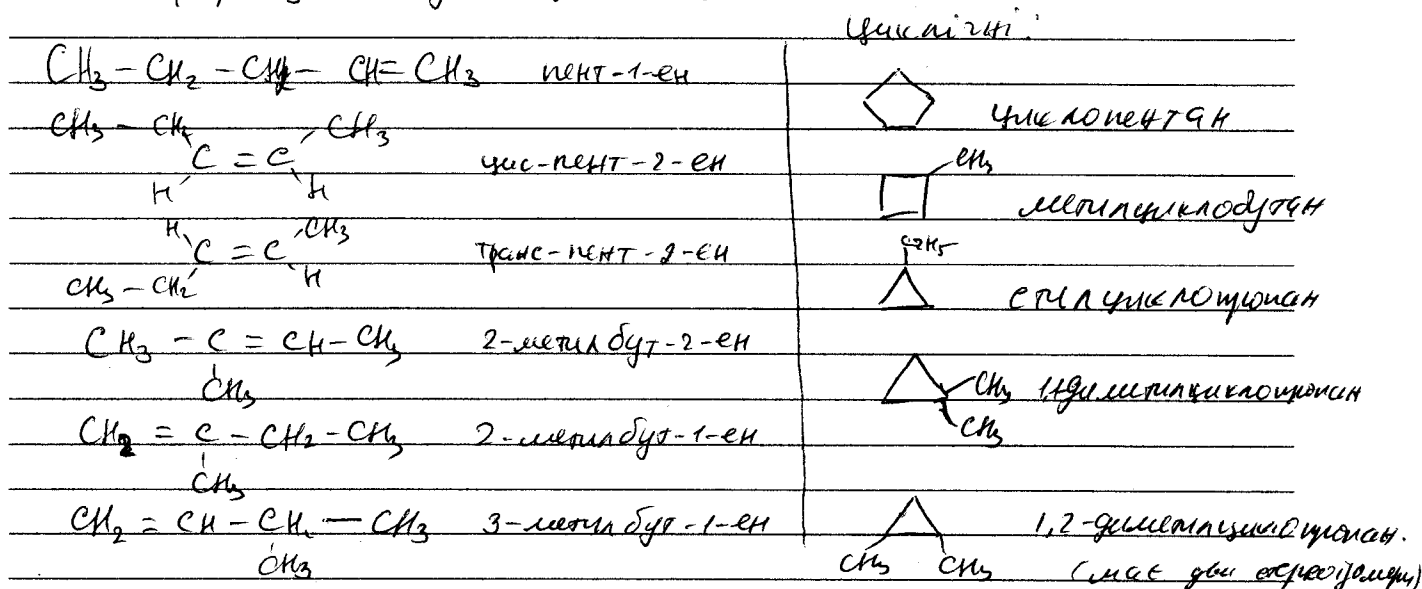


Отже в реакцію вступило 3 л O_2 , тому V_c складається з $3,5 \text{ л}(O_2) - 3 \text{ л}(O_2) = 0,5 \text{ л}(O_2)$; вуглеводню $0,5 \text{ л}(H_2)$

Отже вихідна суміш містила $900 \text{ мл} - 500 \text{ мл}(N_2) = 400 \text{ мл}$ вуглеводню.

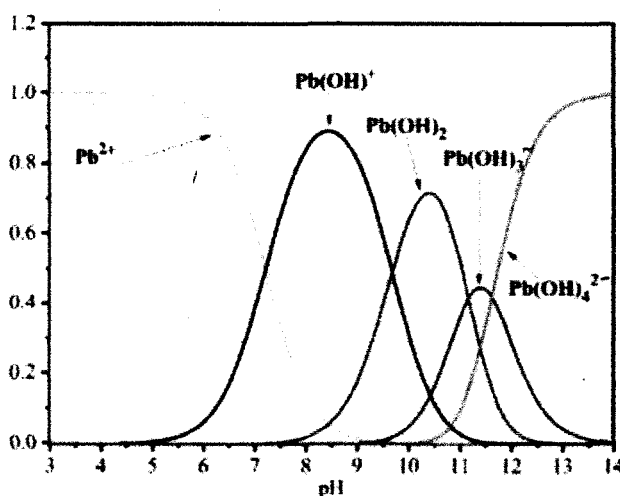
Якщо 400 мл вуглеводню утворилося 2 л CO_2 то кількість карбонів в ньому $x = \frac{2 \text{ л}}{0,4 \text{ л}} = 5$

Вуглеводню кількість Гідрогену $y = \frac{2 \cdot 2 \text{ л}}{0,4 \text{ л}} = 10$
Отже формула вуглеводню C_5H_{10} .



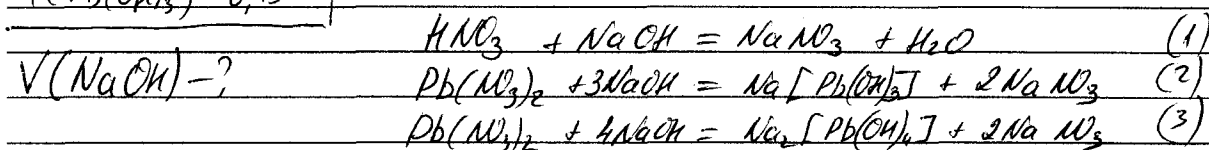
Частина III

2. (14 балів) До розчину пліомбум (II) нітрату об'ємом 10 мл і концентрацією (солі 0,1 моль/л) додали 5 мл нітратної кислотою концентрацією 0,1 моль/л. При поступовому додаванні до цього розчину натрій гідроксиду концентрацією 0,5 моль/л спостерігалось утворення білого осаду та його подальше розчинення при $pH = 13$. Які солі та в якій концентрації будуть присутні в розчині на момент розчинення, якщо мольна частка йонів $Pb(OH)_3^-$ буде складати 0,15. Зміна складу розчину при додаванні натрій гідроксиду наведена на графіку нижче. Який об'єм натрій гідроксиду потрібно додати для цього.



Дано:

$V(Pb(NO_3)_2) = 10 \text{ мл}$	Згідно графіка при $pH = 13$ присутні лише
$C(Pb(NO_3)_2) = 0,1 \text{ моль/л}$	два йони з найбільшою, якщо схована
$V(HNO_3) = 5 \text{ мл}$	частка $f(Pb(OH)_3^-) = 0,15$ тоді $f(Pb(OH)_4^{2-}) = 1 - 0,15 = 0,85$
$C(HNO_3) = 0,1 \text{ моль/л}$	
$C(NaOH) = 0,5 \text{ моль/л}$	Тоді буде відбуватись з реакції з $NaOH$:
$pH = 13$	
$f(Pb(OH)_3^-) = 0,15$	



$$C = \frac{V}{V}$$

згідно кількості молей реагентів в розчині $V = CV$
За першим рівнянням реакції: $\frac{V(HNO_3)}{V(NaOH)} = 1 = \frac{C(HNO_3) \cdot V(HNO_3)}{C(NaOH) \cdot V(NaOH)}$ звідси:

$$V(NaOH) = \frac{0,1 \text{ моль/л} \cdot 5 \text{ мл}}{0,5 \text{ моль/л}} = 1 \text{ мл}$$

За другим рівнянням реакції: $\frac{V(Pb(NO_3)_2)}{V(NaOH)} = \frac{1}{3} = \frac{C(Pb(NO_3)_2) \cdot V(Pb(NO_3)_2) \cdot f(Pb(OH)_3^-)}{C(NaOH) \cdot V(NaOH)}$

Звідси $V(NaOH)'' = \frac{0,1 \text{ моль/л} \cdot 10 \text{ мл} \cdot 0,15 \cdot 3}{0,5 \text{ моль/л}} = 0,9 \text{ мл}$

За третім рівнянням $\frac{V(Pb(NO_3)_2)''}{V(NaOH)} = \frac{1}{4} = \frac{C(Pb(NO_3)_2) \cdot V(Pb(NO_3)_2) \cdot f(Pb(OH)_4^{2-})}{C(NaOH) \cdot V(NaOH)}$

$$\text{Звідси } V(\text{NaOH})''' = \frac{0,1 \text{ моль/л} \cdot 10 \text{ мл} \cdot 0,85}{0,5 \text{ моль/л}} = 1,7 \text{ мл}$$

Крім реакції NaOH потрібен для створення необхідної концентрації OH^- в розчині, позначимо як V''''

$$\text{При } \text{pH} = 13 \quad [\text{H}^+] = 10^{-13} \text{ тоді } [\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-13}} = 10^{-1} = 0,1$$

Тоді необхідна кількість моль $[\text{OH}^-]$ в розчині буде

$$[\text{OH}^-] \cdot V_{\text{роз}} = [\text{OH}^-] \cdot (V(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) + V(\text{HNO}_3) + V(\text{NaOH})' + V(\text{NaOH})'' + V(\text{NaOH})''' + V(\text{NaOH})'''')$$

З іншого боку необхідна концентрація $[\text{OH}^-] = C(\text{NaOH}) V''''$

Тоді прирівняємо і підставимо значення (позначивши $V'''' = x$)

$$0,1 \cdot (10 \text{ мл} + 5 \text{ мл} + 1 \text{ мл} + 0,9 \text{ мл} + 1,7 \text{ мл} + x) = 0,5 \cdot x$$

$$0,1 (18,6 + x) = 0,5 \cdot x$$

$$1,86 + 0,1x = 0,5 \cdot x$$

$$1,86 = 0,5x - 0,1x = 0,4x$$

$$x = 4,5$$

Отже сумарний об'єм NaOH буде

$$V(\text{NaOH}) = 1 \text{ мл} + 0,9 \text{ мл} + 1,7 \text{ мл} + 4,5 \text{ мл} = 8,1 \text{ мл}$$