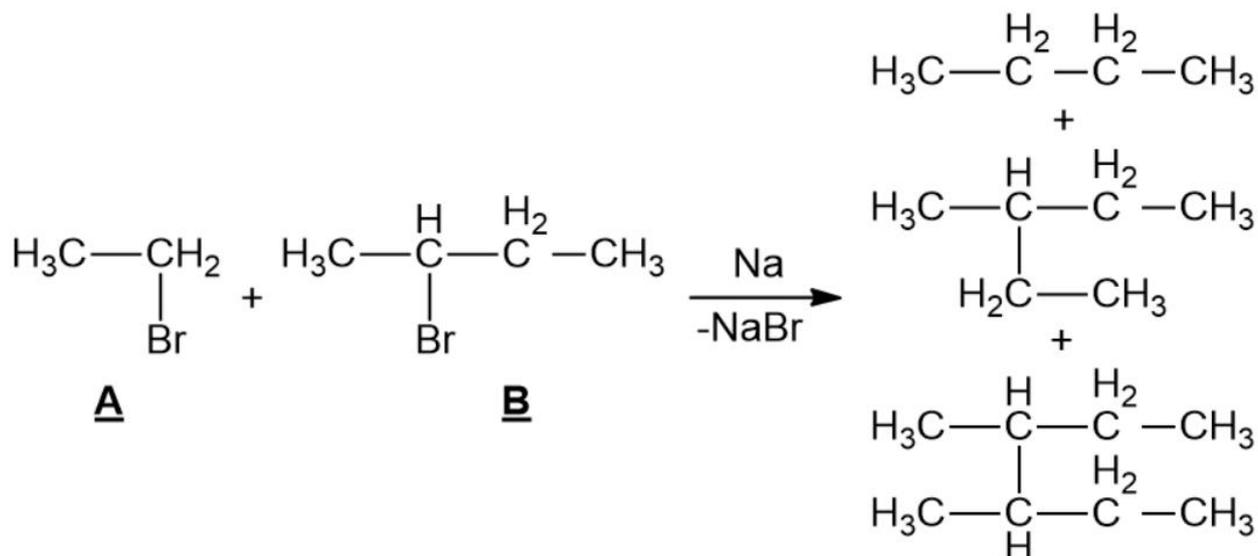


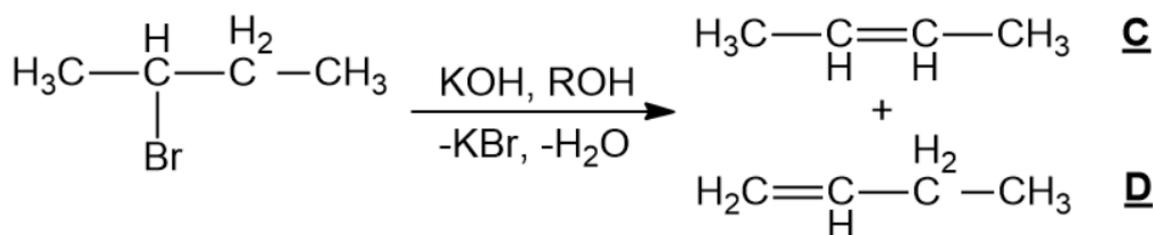
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
2024-2025 УЧЕБНЫЙ ГОД
10 КЛАСС
 Решения

Задача 1.

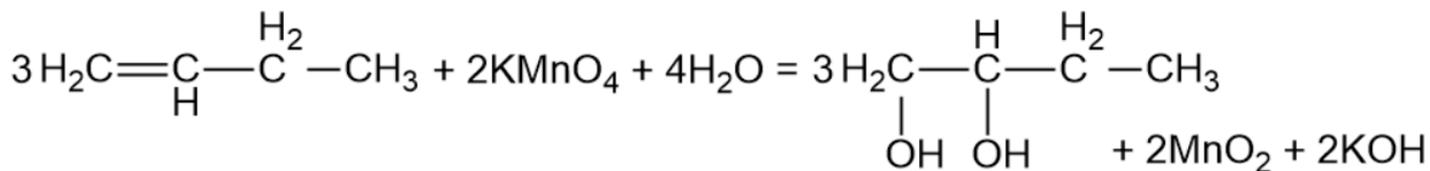
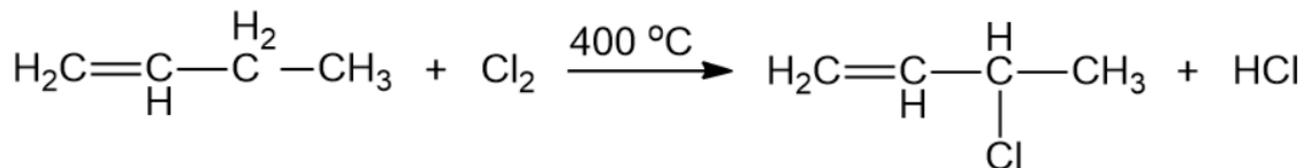
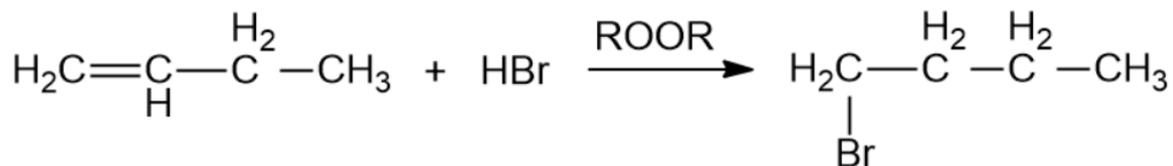
1) Исходя из того, что при взаимодействии смеси **A** и **B** с металлическим натрием образуется три алкана, два из которых – бутан и 3,4-диметилгексан – являются симметричными, можно сделать вывод, что **A** и **B** – это алкилгалогениды, а протекающий процесс – это реакция Вюрца. Поскольку **A** содержит вдвое меньше атомов углерода, чем **B**, **A** – это бромэтан, в то время как **B** – 2-бромбутан:



2) При обработке 2-бромбутана **B** спиртовым раствором KOH протекает реакция элиминирования, при этом образуется два изомерных алкена: бутен-1 и бутен-2. Бромид-анион является хорошей уходящей группой, а используемое основание, как и исходный субстрат, не содержит объёмных заместителей, вследствие чего основным продуктом этой реакции будет бутен-2 (реализуется правило Зайцева). Соответственно, **C** – это бутен-2, в то время как **D** – бутен-1:



3) При взаимодействии бутена-1 с HBr в присутствии перекисей проявляется эффект Хараша: реакция протекает по радикальному механизму, вследствие чего образуется “антимарковниковский” продукт – 1-бромбутан. Реакция бутена-1 с Cl₂ при нагревании также протекает через стадию образования радикальных интермедиатов: промежуточно образующийся радикал аллильного типа при взаимодействии с хлором даёт 3-хлорбутен-1. В то же время син-гидроксилирование бутена-1 под действием KMnO₄ в водной среде при 0 °C – реакция Вагнера – приводит к бутандиолу-1,2.



Задача 2.

1) Для определения количества вещества CO_2 применим уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$\begin{aligned} pV &= nRT \\ n &= \frac{pV}{RT} \\ n &= \frac{168 \cdot 5,698}{8,31 \cdot 288} = 0,4 \text{ моль} \end{aligned}$$

Определим количество вещества водорода:

$$\begin{aligned} n(\text{H}_2\text{O}) &= \frac{5,4}{18} = 0,3 \text{ моль} \\ n(\text{H}) &= 0,3 \cdot 2 = 0,6 \text{ моль} \end{aligned}$$

Соответственно органическое соединение **A** содержит 0,4 моль атомов C и 0,6 моль атомов H. Рассчитаем массу водорода и углерода в соединении **A**. Из массы исходного соединения найдем массу и количество вещества кислорода

$$\begin{aligned} m(\text{C}) &= 0,4 \cdot 12 = 4,8 \text{ г} \\ m(\text{H}) &= 0,6 \cdot 1 = 0,6 \text{ г} \\ m(\text{O}) &= 8,6 - 0,6 - 4,8 = 3,2 \text{ г} \\ n(\text{O}) &= \frac{3,2}{16} = 0,2 \text{ моль} \end{aligned}$$

Составим мольное соотношение элементов и выведем простейшую формулу **A**

$$\begin{aligned} 0,4 : 0,6 : 0,2 \\ 2 : 3 : 1 \end{aligned}$$

Простейшая формула $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}$

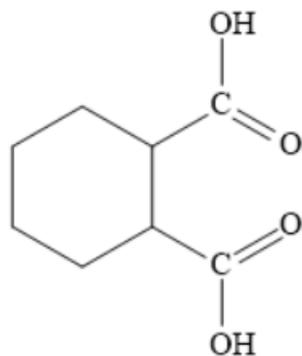
Рассчитаем относительную молекулярную массу соединения **A** по плотности паров

$$\begin{aligned} M_r(\text{A}) &= M_r(\text{Ar}) \cdot D_{\text{Ar}}(\text{A}) \\ M_r(\text{A}) &= 40 \cdot 4,3 = 172 \end{aligned}$$

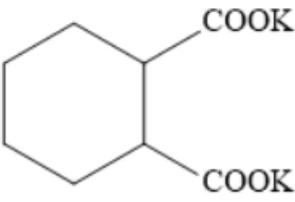
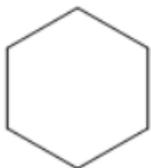
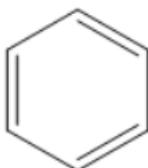
Выведем истинную формулу соединения **A**

$$\begin{aligned} M_r(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}) &= 43 \\ \frac{M_r(\text{A})}{M_r(\text{C}_2\text{H}_3\text{O})} &= \frac{172}{43} = 4 \\ \text{Истинная формула} & \text{C}_8\text{H}_{12}\text{O}_4 \end{aligned}$$

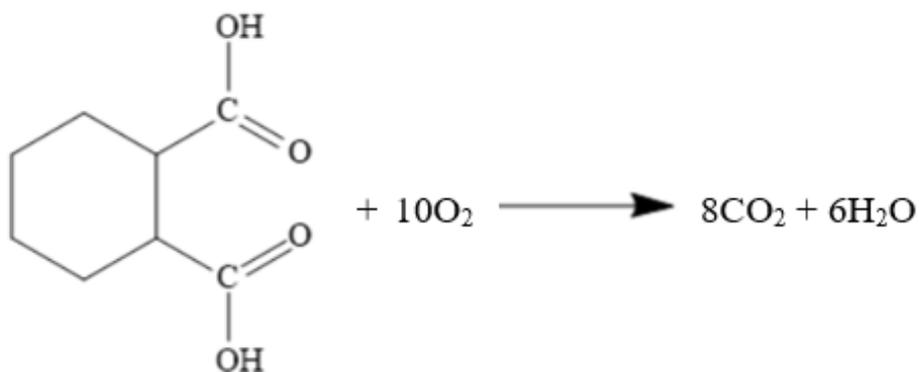
2) Исходя из условия устанавливаем строение соединения А, содержащего функциональные группы у соседних атомов С

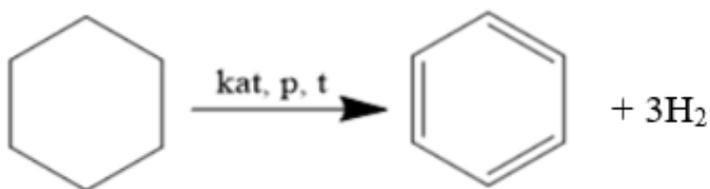
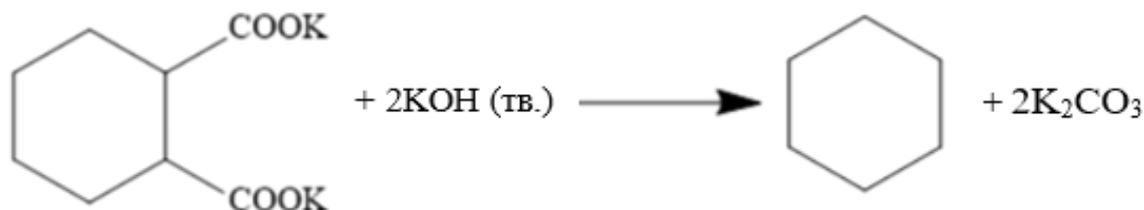
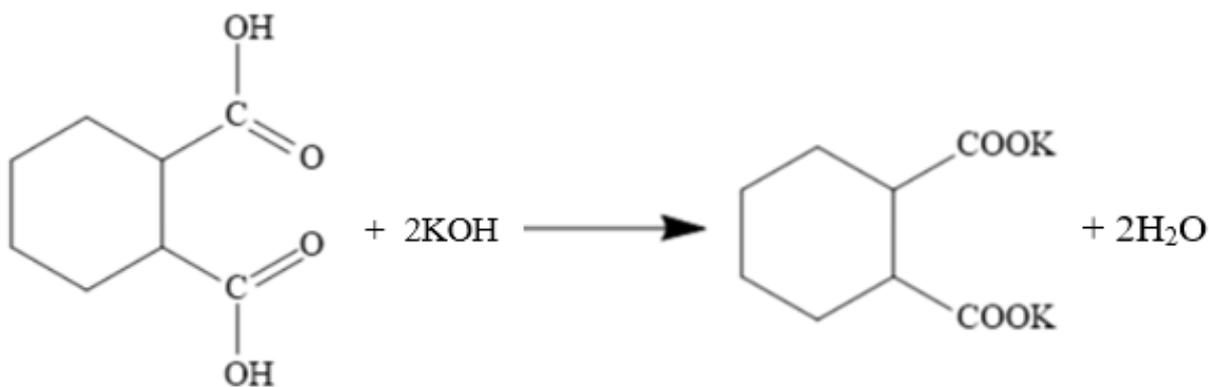


Установим строение соединений Б, В и Г

Б	В	Г
		

3) Напишем уравнения реакций





Задача 3.

1) Заполним таблицу:

Соединение	Формула	Соединение	Формула
А	Fe	Д	BaSO ₄
Б	FeS ₂	Е	Fe(CN) ₂
В	Fe ₂ O ₃	Ж	Na ₄ [Fe(CN) ₆]
Г	I ₂	З	K ₂ [Fe(OH) ₄]

2) Напишем уравнения реакций:

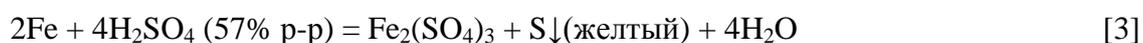


Установим однозначную формулу продукта по массовой доле, полученной в ходе элементного анализа:

$$\omega(\text{Fe}) = \frac{56 \cdot 2}{56 \cdot 2 + 16 \cdot 3} \cdot 100\% = 70\%$$



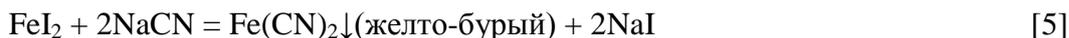
В холодной концентрированной H₂SO₄ железо пассивируется. При растворении железа в 50-70% растворах H₂SO₄ при нагревании реакция протекает следующим образом:



Между солями железа (III) и иодид-ионами протекает ОВР с образованием осадка I₂, растворимого в бензоле:



Реакция ионного обмена происходит с образованием осадка цианида железа (II) желто-бурого цвета



В избытке цианид-ионов осадок растворяется с образованием комплексного соединения.



Установим однозначную формулу продукта по массовой доле, полученной в ходе элементного анализа:

$$\omega(\text{Fe}) = \frac{56}{23 \cdot 4 + 56 + (12 + 14) \cdot 6} \cdot 100\% = 18,42\%$$

Соединения железа обладают слабой амфотерностью, в реакциях со щелочами образуется комплексное соединение и выделяется водород:



Установим однозначную формулу продукта по массовой доле, полученной в ходе элементного анализа:

$$\omega(\text{Fe}) = \frac{56}{39 \cdot 2 + 56 + (16 + 1) \cdot 4} \cdot 100\% = 27,72\%$$

3) Определим массу пирита, затраченного в ходе реакции 1.

Для этого рассчитаем количество вещества Fe_2O_3 :

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{6}{160} = 0,0375 \text{ моль}$$

По уравнению реакции установим количество вещества FeS_2 и рассчитаем его массу:

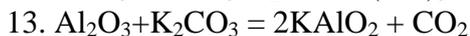
$$n(\text{FeS}_2) = 0,0375 \cdot 2 = 0,075 \text{ моль}$$

$$m(\text{FeS}_2) = 0,075 \cdot 120 = 9 \text{ г}$$

Задача 4.

X_1 Al	X_2 $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$	X_3 AlCl_3	X_4 $\text{Al}(\text{OH})_3$	X_5 $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ $(\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6])$	X_6 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ $(\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6])$	X_7 CO
X_8 AlBr_3	X_9 $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$	X_{10} Al_2O_3	X_{11} CO_2	X_{12} NH_4Br	X_{13} KAlO_2	

- $2\text{Al}_2\text{O}_3$ (электролиз) = $4\text{Al} + 3\text{O}_2$
- $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7 = 2\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 + 2\text{K}_2\text{SO}_4$
- $3\text{HgCl}_2 + 2\text{Al} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{Hg}$.
- $\text{AlCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NaCl}$
- $\text{Al} + 2\text{KOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$ ($2\text{Al} + 6\text{KOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + 3\text{H}_2$)
- $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ($\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$)
- $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{CO}$
- $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{HBr} = \text{AlBr}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Al}_2\text{O}_3 + 12\text{HF} + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{Na}_3\text{AlF}_6 + 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2$
- $\text{Al}_2\text{O}_3 + 4\text{Al} = 3\text{Al}_2\text{O}$
- $2\text{AlCl}_3 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CO}_2 + 6\text{NaCl}$



Оксид алюминия – глинозем – сырье для производства алюминия.

Задача 5.

1) В соответствии с приведенным графиком рассчитаем температурный коэффициент реакции:

$$\frac{0,00275}{0,00245} = \gamma^{\frac{305-295}{10}},$$

$$1,12 = \gamma^1,$$

$$\gamma = 1,12.$$

2) По уравнению Вант-Гоффа определим соотношение скоростей реакции при $T = 305 \text{ K}$ и $T = 350 \text{ K}$:

$$\frac{v(350 \text{ K})}{v(305 \text{ K})} = 1,12^{\frac{350-305}{10}},$$

$$\frac{v(350 \text{ K})}{v(305 \text{ K})} = 1,12^{4,5},$$

$$\frac{v(350 \text{ K})}{v(305 \text{ K})} = 1,665.$$

3) По уравнению Вант-Гоффа определим соотношение скоростей реакции при $T = 280 \text{ K}$ и $T = 295 \text{ K}$:

$$\frac{v(295 \text{ K})}{v(280 \text{ K})} = 1,12^{\frac{295-280}{10}},$$

$$\frac{v(295 \text{ K})}{v(280 \text{ K})} = 1,12^{1,5},$$

$$\frac{v(295 \text{ K})}{v(280 \text{ K})} = 1,185.$$

4) Определим факторы, влияющие на скорость приведенных реакций:

a) природа вещества, концентрация реагентов, температура системы, площадь поверхности соприкосновения взаимодействующих веществ

b) природа вещества, концентрация реагентов, давление в системе, наличие катализатора, температура системы

c) природа вещества, концентрация реагентов, температура системы

5) Определим относительные скорости приведенных реакций:

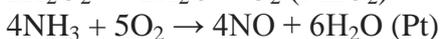
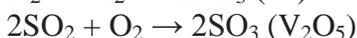
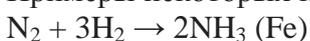
Скорость реакций увеличивается в ряду: $a < b < c$, быстрее всего будет протекать гомогенная реакция в растворе, медленнее гетерогенная реакция между жидкостью и твердым веществом и самая медленная реакция - гетерогенная реакция между двумя твердыми веществами.

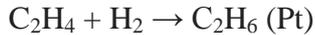
б) Дадим определения понятиям катализатор и ингибитор и приведем примеры каталитических реакций:

Катализатор — химическое вещество, ускоряющее реакцию, но не расходуемое в процессе реакции.

Ингибитор — вещество, подавляющее или задерживающее течение химических процессов.

Примеры некоторых каталитических реакций:





Задача 6.

1. Найдём средний объём титранта, ушедший на титрование:

для железа: $V(\text{ЭДТА})_{\text{ср}} = (5,7 + 5,5 + 5,6) / 3 = 5,6$ мл;

для алюминия: $V(\text{ZnCl}_2)_{\text{ср}} = (3,1 + 3,0 + 2,9) / 3 = 3,0$ мл

2. Определим количество (моль) ионов железа в мерной колбе (50 мл):

$C(\text{Fe}^{3+}) = 5,6 \text{ мл} * 0,025 \text{ моль/л} / 10 \text{ мл} = 0,014 \text{ моль/л}$; $n(\text{Fe}^{3+}) = 0,014 \text{ моль/л} * 0,05 \text{ л} = 0,0007 \text{ моль} = 0,7 \text{ ммоль}$

3. Рассчитаем количество (моль) ионов железа в 1 мл исходного раствора:

$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 11,2 \text{ мг} / (56*2 + 16*3) = 0,00007 \text{ моль} = 0,07 \text{ ммоль}$; $n(\text{Fe}^{3+}) = 2*n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,14 \text{ ммоль}$

4. Определим объём раствора нитрата железа, внесенный в мерную колбу:

$V(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 0,7 \text{ ммоль} / 0,14 \text{ ммоль} = 5 \text{ мл}$.

5. Рассчитаем количество ЭДТА, прореагировавшего с алюминием:

$n(\text{ЭДТА})_{\text{не прореаг.}} = 3 \text{ мл} * 0,05 \text{ моль/л} = 0,15 \text{ ммоль}$

Количество ЭДТА, введенного в раствор: $n(\text{ЭДТА}) = 10 \text{ мл} * 0,025 \text{ моль/л} = 0,25 \text{ ммоль}$

Количество ЭДТА, прореагировавшего с алюминием: $0,25 \text{ ммоль} - 0,15 \text{ ммоль} = 0,1 \text{ ммоль}$

6. Определим количество (моль) ионов алюминия в мерной колбе (50 мл):

$C(\text{Al}^{3+}) = 0,1 \text{ ммоль} / 10 \text{ мл} = 0,01 \text{ моль/л}$; $n(\text{Al}^{3+}) = 0,01 \text{ моль/л} * 0,05 \text{ л} = 0,0005 \text{ моль} = 0,5 \text{ ммоль}$

7. Рассчитаем количество (моль) ионов алюминия в 1 мл исходного раствора:

$n(\text{Al}_2\text{O}_3) = 2,55 \text{ мг} / (27*2 + 16*3) = 0,000025 \text{ моль} = 0,025 \text{ ммоль}$; $n(\text{Al}^{3+}) = 2*n(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,05 \text{ ммоль}$

8. Определим объём раствора хлорида алюминия, внесенный в мерную колбу:

$V(\text{AlCl}_3) = 0,5 \text{ ммоль} / 0,05 \text{ ммоль} = 10 \text{ мл}$.