

11 класс**№ 1****I вариант**

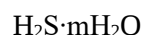
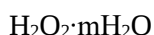
1) По условию массовая доля водорода в соединении X:

$$\omega(H) = \frac{n}{M(X)} \cdot 100\% = 5.88\%$$

Откуда можно выразить молярную массу неизвестного вещества: $M(X) = 17n$, где n – число атомов водорода

n	1	2	3	4
$M(X)$, г/моль	17	34	51	68

Наиболее подходящие варианты при $n = 2$ – перекись водорода или сероводород. Однозначный вывод по указанным в условии свойствам сделать не удастся. Проанализируем состав возможных кристаллогидратов:



$$\omega(O) = \frac{32 + 16m}{34 + 18m} \cdot 100\% = 91.43\%$$

$$\omega(O) = \frac{16m}{34 + 18m} \cdot 100\% = 91.43\%$$

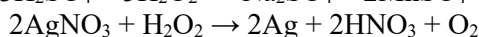
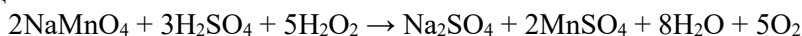
$$m = 2$$

$$m = -67.6$$

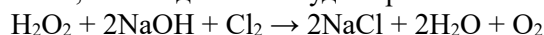
Таким образом:

X	Y
H_2O_2	$H_2O_2 \cdot 2H_2O$

2) Уравнения реакций:



3) Лабарракова вода образуется путем насыщения хлором водного раствора гидроксида натрия и является сильнейшим окислителем, взаимодействие будет протекать согласно уравнению:

**II вариант**

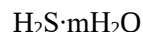
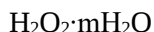
1) По условию массовая доля водорода в соединении X:

$$\omega(H) = \frac{n}{M(X)} \cdot 100\% = 5.88\%$$

Откуда можно выразить молярную массу неизвестного вещества: $M(X) = 17n$, где n – число атомов водорода

n	1	2	3	4
$M(X)$, г/моль	17	34	51	68

Наиболее подходящие варианты при $n = 2$ – перекись водорода или сероводород. Однозначный вывод по указанным в условии свойствам сделать не удастся. Проанализируем состав возможных гидратов:



$$\omega(O) = \frac{32 + 16m}{34 + 18m} \cdot 100\% = 67.61\%$$

$$\omega(O) = \frac{16m}{34 + 18m} \cdot 100\% = 67.61\%$$

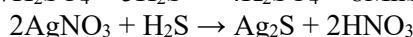
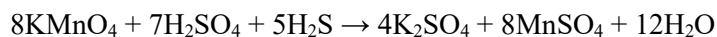
$$m = -2.35$$

$$m = 6$$

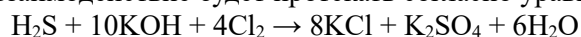
Таким образом:

X	Y
H_2S	$H_2S \cdot 6H_2O$

2) Уравнения реакций:



3) Жавелевая вода образуется путем насыщения хлором водного раствора гидроксида калия и является сильнейшим окислителем, взаимодействие будет протекать согласно уравнению:



Рекомендации к оцениванию:

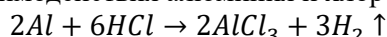
- | | |
|---|---------|
| 1. Вещества X и Y по 1 баллу (без установления с учетом массовых долей или проверки – 0 баллов) | 2 балла |
| 2. Уравнения реакций по 1 баллу | 2 балла |
| 3. Указание на состав лабаракковой / жавелевой воды (в т.ч. в форме гипохлорита) и возможность протекания окислительно-восстановительной реакции по 0.5 балла | 1 балл |

ИТОГО: 5 баллов**№2****I вариант**

1. Определим молярную концентрацию соляной кислоты:

$$C = \frac{n}{V} = \frac{m/M}{V} = \frac{m(p-pa) \cdot w}{M \cdot V} = \frac{\rho \cdot V \cdot w}{M \cdot V} = \frac{\rho \cdot w}{M}; C = 6.0 \text{ моль/л}$$

2. Запишем уравнение реакции взаимодействия алюминия и хлороводорода:



Определим количество хлороводорода, вступившего в реакцию:

$$n(HCl) = \frac{0.1 \text{ мл} \times 1.1 \text{ г} \times 20 \text{ г} \times 1 \text{ моль}}{1 \text{ мл} \times 100 \text{ г} \times 36.5 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 6 \times 10^{-4} \text{ моль}$$

Исходя из уравнения реакции хлороводорода и алюминия, можно заметить, что:

$$n(H_2) = \frac{1}{2} \times n(HCl) = 3 \times 10^{-4} \text{ моль}$$

Пользуясь уравнением Менделеева-Клапейрона, найдем объем водорода: $V(H_2) = \frac{nRT}{P}$

$$V(H_2) = \frac{3 \times 10^{-4} \text{ моль} \times 8.314 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \times \text{моль}} \times (273 + 27) \text{ К}}{100000 \text{ Па}}$$

$$V(H_2) = 7.4826 \times 10^{-6} \text{ м}^3 = 7.4826 \text{ мл}$$

3. Найдем объем алюминия:

$$V(Al) = 6 \times 10^{-4} \text{ моль } HCl \times \frac{2 \text{ моль } Al}{6 \text{ моль } HCl} \times \frac{27 \text{ г } Al}{1 \text{ моль } Al} \times \frac{1 \text{ м}^3 Al}{2700 \text{ кг } Al}$$

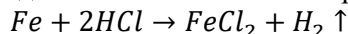
$$V(Al) = 2 \times 10^{-6} \text{ м}^3 = 2 \times 10^{-3} \text{ см}^3$$

Если предположить, что образовавшееся отверстие имеет круглую форму, то в листе исчезнет алюминиевый цилиндр. Поскольку объем цилиндра равен $V = S \times h$, где S - площадь поверхности, а h - высота цилиндра, получим следующие значения: $S = \frac{V}{h} = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ см}^3}{0.1 \text{ мм}} \times \frac{10^3 \text{ мм}^3}{1 \text{ см}^3} = 20 \text{ мм}^2$ Так как отверстие имеет круглую форму, то воспользуемся формулой для нахождения площади окружности: $S = \pi R^2$, $R = \sqrt{\frac{20 \text{ мм}^2}{\pi}} = 2.5 \text{ мм}$, $D = 2R = 5 \text{ мм}$.**II вариант**

1. Определим молярную концентрацию соляной кислоты:

$$C = \frac{n}{V} = \frac{m/M}{V} = \frac{m(p-pa) \cdot w}{M \cdot V} = \frac{\rho \cdot V \cdot w}{M \cdot V} = \frac{\rho \cdot w}{M}; C = 2.87 \text{ моль/л}$$

2. Запишем уравнение реакции взаимодействия алюминия и хлороводорода:



Определим количество хлороводорода, вступившего в реакцию:

$$n(HCl) = \frac{0.1 \text{ мл} \times 1.047 \text{ г} \times 10 \text{ г} \times 1 \text{ моль}}{1 \text{ мл} \times 100 \text{ г} \times 36.5 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 2.87 \times 10^{-4} \text{ моль}$$

Исходя из уравнения реакции хлороводорода и железа, можно заметить, что:

$$n(H_2) = \frac{1}{2} \times n(HCl) = 1.44 \times 10^{-4} \text{ моль}$$

Пользуясь уравнением Менделеева-Клапейрона, найдем объем водорода: $V(H_2) = \frac{nRT}{P}$

$$V(H_2) = \frac{1.78 \times 10^{-4} \text{ моль} \times 8.314 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \times \text{моль}} \times (273 + 57) \text{ К}}{100000 \text{ Па}}$$

$$V(H_2) = 4.884 \times 10^{-6} \text{ м}^3 = 3.95 \text{ мл}$$

3. Найдем объем железа:

$$V(Fe) = 2.87 \times 10^{-4} \text{ моль } HCl \times \frac{1 \text{ моль } Fe}{2 \text{ моль } HCl} \times \frac{56 \text{ г } Fe}{1 \text{ моль } Fe} \times \frac{1 \text{ м}^3 Fe}{7800 \text{ кг } Fe}$$

$$V(Fe) = 1.03 \times 10^{-6} \text{ м}^3 = 1.03 \times 10^{-3} \text{ см}^3$$

Если предположить, что образовавшееся отверстие имеет круглую форму, то в листе исчезнет железный цилиндр. Поскольку объем цилиндра равен $V = S \times h$, где S - площадь поверхности, а h - высота цилиндра, получим следующие значения: $S = \frac{V}{h} = \frac{1.03 \times 10^{-3} \text{ см}^3}{0.2 \text{ мм}} \times \frac{10^3 \text{ мм}^3}{1 \text{ см}^3} = 5.15 \text{ мм}^2$

Так как отверстие имеет круглую форму, то воспользуемся формулой для нахождения площади окружности: $S = \pi R^2$, $R = \sqrt{\frac{5.15 \text{ мм}^2}{\pi}} = 1.28 \text{ мм}$, $D = 2R = 2.56 \text{ мм}$.

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|---|-----------|
| 1. Расчет молярности раствора – 1.5 балла | 1.5 балла |
| 2. Расчет количества водорода – 0.5 балла | 1.5 балла |
| Расчет объема выделившегося водорода – 1 балл | |
| Расчет объема через V_M – 0.5 балла | |
| 3. Расчет площади отверстия – 1 балл | 2 балла |
| Расчет диаметра отверстия – 1 балл | |
| При отсутствии вычислений – 0 баллов | |

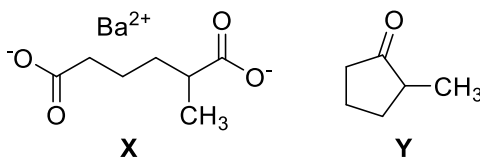
ИТОГО: 5 баллов

№3

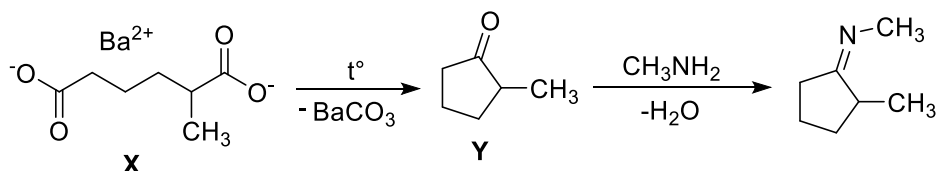
I вариант

1). Определим массовую долю водорода в соединении **Y**: $100 - 73.47 - 16.33 = 10.20\%$. Представим формулу вещества в виде $C_xH_yO_z$, тогда: $x : y : z = \frac{73.47}{12} : \frac{10.20}{1} : \frac{16.33}{16} = 6.1225 : 10.2 : 1.02 = 6 : 10 : 1$. Получаем, что молекулярная формула вещества – $C_6H_{10}O$.

Исходя из условия задачи, определим структурную формулу вещества. Из условия задачи можно сделать вывод, что **Y** содержит цикл и кето-группу, так как sp^2 -гибридный атом углерода только один. Также из условия задачи понятно, что цикл является пятичленным, так как соединение содержит лишь 1 заместитель – метильную группу в α -положении к функциональной. Таким образом, **Y** – 2-метилциклопентанон. Кетоны циклического строения разложением получить можно нагреванием соли дикарбоновой кислоты и щелочноземельного металла в инертной атмосфере. Так как пламя горения имеет желто-зеленый цвет, то металл в составе соли – барий. Следовательно, структурные формулы вещества **X** и **Y**:



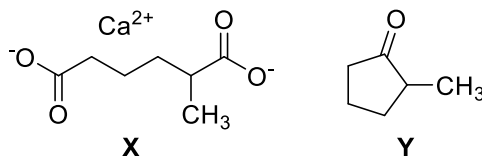
Уравнения реакций:



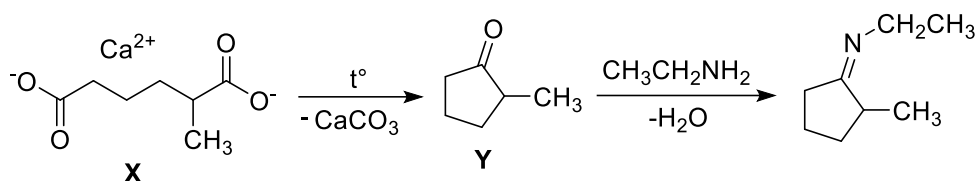
II вариант

1). Определим массовую долю углерода в соединении **Y**: $100 - 10.20 - 16.33 = 73.47\%$. Представим формулу вещества в виде $C_xH_yO_z$, тогда: $x : y : z = \frac{73.47}{12} : \frac{10.20}{1} : \frac{16.33}{16} = 6.1225 : 10.2 : 1.02 = 6 : 10 : 1$. Получаем, что молекулярная формула вещества – $C_6H_{10}O$.

Исходя из условия задачи, определим структурную формулу вещества. Из условия задачи можно сделать вывод, что **Y** содержит цикл и кето-группу, так как sp^2 -гибридный атом углерода только один. Также из условия задачи понятно, что цикл является пятичленным, так как соединение содержит лишь 1 заместитель – метильную группу в α -положении к функциональной. Таким образом, **Y** – 2-метилциклопентанон. Кетоны циклического строения разложением получить можно нагреванием соли дикарбоновой кислоты и щелочноземельного металла в инертной атмосфере. Так как пламя горения имеет желто-зеленый цвет, то металл в составе соли – барий. Следовательно, структурные формулы вещества **X** и **Y**:



Уравнения реакций:



Рекомендации к оцениванию:

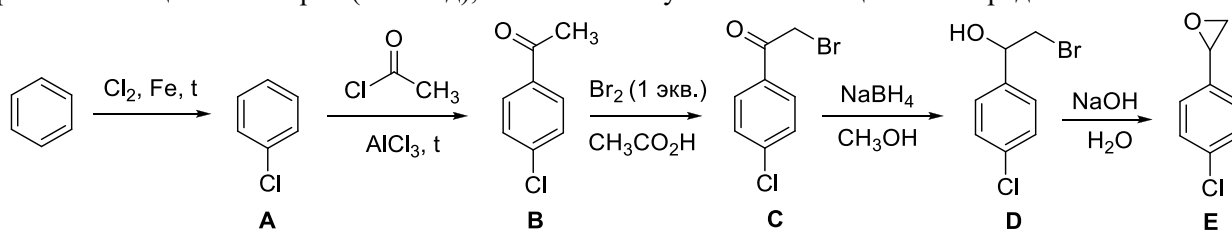
- | | |
|--|---------|
| 1. Структурная формула вещества Y , 2 балла | 2 балла |
| 2. Структурная формула вещества X , 1 балл | 1 балл |
| 3. Уравнение реакции разложения, 1 балл | 1 балл |
| 4. Уравнение реакции, 1 балл | 1 балл |

ИТОГО: 5 баллов

№4

I вариант

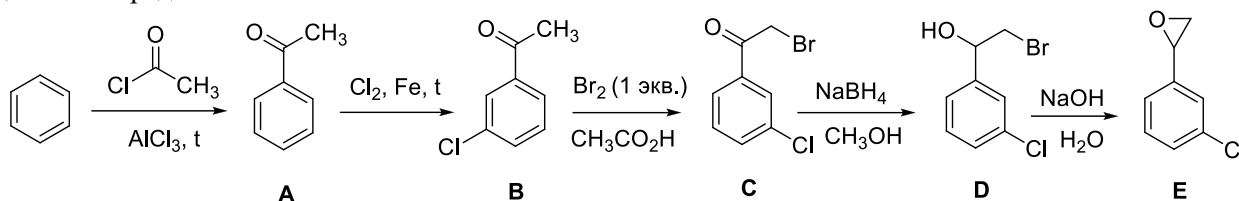
Первая стадия – хлорирование бензола, причем, судя по составу конечного продукта, вводится один атом хлора. Следующая стадия – ацилирование. Хлор является *орто*-/*пара*-ориентантом, ацилирование происходит преимущественно в *пара*-положение. Третья стадия – бромирование кетона по альфа-положению (уксусная кислота необходима для енолизации). Затем мягкий восстановитель, борогидрид натрия, восстанавливает кетонную группу до спиртовой. При действии щелочи на полученное вещество, так называемый «бромгидрин», в первую очередь происходит депротонирование OH-группы, после чего алколят внутримолекулярно замещает бром. В результате замыкается трехчленный цикл – оксиран (эпоксид), относительно устойчивый в щелочной среде.



II вариант

Первая стадия – ацилирование бензола, образуется метилфенилкетон. Следующая стадия – хлорирование. Так как ацетильная группа является *мета*-ориентантом, оно протекает в *мета*-положение. Третья стадия – бромирование кетона по альфа-положению (уксусная кислота необходима для енолизации). Затем мягкий восстановитель, борогидрид натрия, восстанавливает кетонную группу до спиртовой. При действии щелочи на полученное вещество, так называемый «бромгидрин», в первую

очередь происходит депротонирование ОН-группы, после чего алколюлят внутримолекулярно замещает бром. В результате замыкается трехчленный цикл – оксиран (эпоксид), относительно устойчивый в щелочной среде.



Рекомендации к оцениванию:

- Структурные формулы веществ **А–Е** по 1 балла (если суть реакций в 1 варианте написана правильно, но для *орто*-изомера, то за структуры **В–Е** ставится по 0.5 балла) 5 баллов
- ИТОГО: 5 баллов**

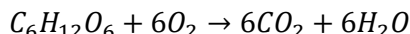
№5

I вариант

- Напишем все формулы, которыми мы будем оперировать при решении задачи:

$$Q = -\Delta_r H^\circ, \quad E = mgh, \quad E = Qn\eta$$

Напишем уравнение сгорания глюкозы:



Пользуясь данными, приведенными в таблице, рассчитаем энтальпию реакции сгорания глюкозы:

$$\Delta_r H^\circ = 6\Delta_f H^\circ(H_2O) + 6\Delta_f H^\circ(CO_2) - \Delta_f H^\circ(C_6H_{12}O_6)$$

$$\Delta_r H^\circ = 6 \times (-285.83) + 6 \times (-393.51) - (-1273.3) = -2802.74 \text{ кДж/моль}$$

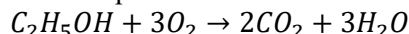
Определим количество глюкозы, содержащейся в 5г варенья: $n(C_6H_{12}O_6) = \frac{5g \times 0.272}{180 \frac{г}{моль}} = 7.6 \times 10^{-3} \text{ моль}$

Имея теперь недостающие данные, выразим и посчитаем коэффициент полезного действия двигателя,

работающего на варенье: $mgh = Qn\eta$; $mgh = -\Delta_r H^\circ n\eta$; $\eta = \frac{mgh}{-\Delta_r H^\circ n}$; $\eta = \frac{60 \text{ кг} \times 9.8 \frac{м}{с^2} \times 8 \times 2.7 \text{ м}}{2802740 \frac{Дж}{моль} \times 7.6 \times 10^{-3} \text{ моль}} =$

0.4028 $\rightarrow$ 59.64% (принимая $g=10 \text{ м/с}^2$, получим КПД = 60.84%)

- Напишем уравнение сгорания этилового спирта:



Пользуясь данными, приведенными в таблице, рассчитаем энтальпию реакции сгорания спирта:

$$\Delta_r H^\circ = 2\Delta_f H^\circ(CO_2) + 3\Delta_f H^\circ(H_2O) - \Delta_f H^\circ(C_2H_5OH)$$

$$\Delta_r H^\circ = 3 \times (-285.83) + 2 \times (-393.51) - (-234.8) = -1409.71 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

Составим тождество, из которого сможем выразить необходимое количество моль этилового спирта для подъема Карлсона на 8 этаж, приняв КПД спиртового двигателя равным 100%:

$$mgh = -\Delta_r H^\circ(C_2H_5OH) \times n(C_2H_5OH)$$

$$n(C_2H_5OH) = \frac{mgh}{-\Delta_r H^\circ(C_2H_5OH)}$$

$$n(C_2H_5OH) = \frac{60 \text{ кг} \times 9.8 \frac{м}{с^2} \times 2.7 \times 8 \text{ м}}{1409710 \frac{Дж}{моль}} = 0.009 \text{ моль}$$

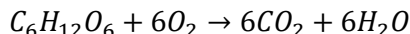
Рассчитаем массу этилового спирта, необходимого Карлсону: $m(C_2H_5OH) = n(C_2H_5OH) \times M(C_2H_5OH)$; $m(C_2H_5OH) = 0.009 \text{ моль} \times 46 \frac{г}{моль} = 0.423 \text{ г}$ (принимая $g=10 \text{ м/с}^2$, получим $m(C_2H_5OH) = 0.423 \text{ г}$).

II вариант

- Напишем все формулы, которыми мы будем оперировать при решении задачи:

$$Q = -\Delta_r H^\circ, \quad E = mgh, \quad E = Qn\eta$$

Напишем уравнение сгорания глюкозы:



Пользуясь данными, приведенными в таблице, рассчитаем энтальпию реакции сгорания глюкозы:

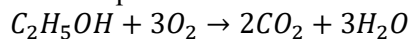
$$\Delta_r H^\circ = 6\Delta_f H^\circ(H_2O) + 6\Delta_f H^\circ(CO_2) - \Delta_f H^\circ(C_6H_{12}O_6)$$

$$\Delta_r H^\circ = 6 \times (-285,83) + 6 \times (-393,51) - (-1273,3) = -2802,74 \text{ кДж/моль}$$

Определим количество глюкозы, содержащейся в 5г варенья: $n(C_6H_{12}O_6) = \frac{15\text{г} \times 0,272}{180 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,0227 \text{ моль}$

Имея теперь недостающие данные, выразим и посчитаем коэффициент полезного действия двигателя, работающего на варенье: $mgh = Qn\eta$; $mgh = -\Delta_r H^\circ n\eta$; $\eta = \frac{mgh}{-\Delta_r H^\circ n}$; $\eta = \frac{80 \text{ кг} \times 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \times 16 \times 2,7 \text{ м}}{2802740 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \times 0,0227 \text{ моль}} = 0,5371 \rightarrow 53,23\%$ (принимая $g=10 \text{ м/с}^2$, получим КПД = 54,32%)

2. Напишем уравнение сгорания этилового спирта:



Пользуясь данными, приведенными в таблице, рассчитаем энтальпию реакции сгорания спирта:

$$\Delta_r H^\circ = 2\Delta_f H^\circ(CO_2) + 3\Delta_f H^\circ(H_2O) - \Delta_f H^\circ(C_2H_5OH)$$

$$\Delta_r H^\circ = 3 \times (-285,83) + 2 \times (-393,51) - (-234,8) = -1409,71 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

Составим тождество, из которого сможем выразить необходимое количество моль этилового спирта для подъема Карлсона на 16 этаж, приняв, что КПД двигателя на спирту равно 100%: $mgh = -\Delta_r H^\circ(C_2H_5OH) \times n(C_2H_5OH)$; $n(C_2H_5OH) = \frac{mgh}{-\Delta_r H^\circ(C_2H_5OH)}$; $n(C_2H_5OH) = \frac{80\text{кг} \times 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \times 2,7 \times 16 \text{ м}}{1409710 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}} = 0,024 \text{ моль}$.

Рассчитаем массу этилового спирта, необходимого Карлсону: $m(C_2H_5OH) = n(C_2H_5OH) \times M(C_2H_5OH)$; $m(C_2H_5OH) = 0,024 \text{ моль} \times 46 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 1,10 \text{ г}$ (принимая $g=10 \text{ м/с}^2$, получим $m(C_2H_5OH) = 1,15 \text{ г}$).

Рекомендации к оцениванию:

1. Расчет энтальпии реакции сгорания глюкозы – 1 балла 3 балла
Выражения для вычисления КПД – 1 балл
Расчет коэффициента полезного действия – 1 балла (принимать расчёты с $g=10 \text{ м/с}^2$)
При отсутствии расчетов – 0 баллов
2. Расчет энтальпии реакции сгорания этилового спирта – 1 балл 2 балла
Расчет массы этилового спирта – 1 балл (принимались и расчёты с $g=10 \text{ м/с}^2$)

ИТОГО: 5 баллов