

РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ОТБОРОЧНОГО (РАЙОННОГО) ЭТАПА

Теоретический тур

11 класс

Задача 1. Вариант 1

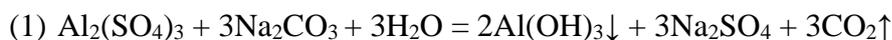
В трех плотно закрытых емкостях без надписей находятся смеси следующих бесцветных твердых веществ (в каждой емкости по одной смеси): а) нитрат калия и гидрокарбонат натрия; б) карбонат натрия и сульфат алюминия; в) оксид фосфора (V) и карбонат калия. Предложите, как с помощью только одного реактива идентифицировать содержимое всех стаканчиков. Напишите уравнения соответствующих реакций и укажите их наблюдаемые признаки.

Вариант решения

Добавим во все емкости воду. (Другие реагенты должны быть оценены и зачтены, только если они позволяют идентифицировать содержимое емкостей)

Емкость №1. Химической реакции не протекает, вещества лишь полностью растворятся. Растворение солей – сильно эндотермический процесс, поэтому емкость охладится. Осадков и газов не наблюдается.

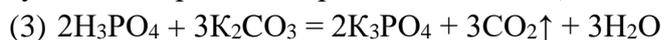
Емкость №2. Протекает химическая реакция – гидролиз карбоната алюминия, получится газ (CO₂) и осадок (Al(OH)₃).



Емкость №3. Наблюдается сильный разогрев за счёт реакции P₂O₅ с водой, образующаяся фосфорная кислота реагирует с карбонатом с выделением газа (CO₂). Осадка не наблюдается.



(допускается вариант с образованием HPO₃).



Рекомендации к оцениванию

- | | |
|---|-----------|
| 1. Предложен реагент, с помощью которого можно однозначно различить содержимое 3 емкостей (например, вода) | 2 балла |
| 2. Записаны все уравнения реакций, протекающих в каждой ёмкости, либо указано, что их нет – по 0,5 балла для каждой ёмкости.
Например, в случае воды: <ul style="list-style-type: none">• указано, что в емкости 1 не идёт реакция – 0,5 балла• записано уравнение (1) для емкости 2 – 0,5 балла• записаны уравнения (2) и (3) для емкости 3 – по 0,25 балла за каждое | 1,5 балла |
| 3. Описаны результаты наблюдений и признаки химических реакций достаточно полно для понимания, как различать вещества – по 0,5 балла для каждой ёмкости. Например, в случае воды: <ul style="list-style-type: none">• нет химических признаков в емкости 1 – 0,5 балла• газ и осадок во емкости 2 – по 0,25 балла• газ в емкости 3 – 0,5 балла | 1,5 балла |

ИТОГО: | 5 баллов

Задача 1. Вариант 2

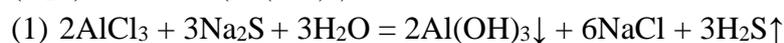
В трех стаканчиках без надписей находятся смеси следующих бесцветных твердых веществ (в каждой емкости по одной смеси): а) нитрат аммония и хлорид натрия; б) сульфид натрия и хлорид алюминия; в) гидроксид натрия и хлорид аммония. Предложите, как с помощью только одного реактива идентифицировать содержимое всех стаканчиков. Напишите уравнения соответствующих реакций и укажите их наблюдаемые признаки.

Вариант решения

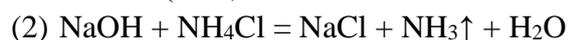
Добавим во все стаканчики воду. (Другие реагенты должны быть оценены и зачтены, только если они позволяют идентифицировать содержимое стаканчиков)

Стаканчик №1. Химической реакции не протекает, вещества лишь полностью растворятся. Растворение солей – сильно эндотермический процесс, поэтому стаканчик охладится. Осадков и газов не наблюдается.

Стаканчик №2. Протекает химическая реакция – гидролиз карбоната алюминия, получится газ (H_2S) и осадок ($\text{Al}(\text{OH})_3$).



Стаканчик №3. Наблюдается сильный разогрев за счёт растворения твердого NaOH и выделится газ (NH_3). Осадка не наблюдается.



Рекомендации к оцениванию

- | | |
|---|-----------|
| 1. Предложен реагент, с помощью которого можно однозначно различить содержимое 3 емкостей (например, вода) | 2 балла |
| 2. Записаны все уравнения реакций, протекающих в каждом стаканчике, либо указано, что их нет – по 0,5 балла для каждого стаканчика.
Например, в случае воды: <ul style="list-style-type: none">• указано, что в стаканчике 1 не идёт реакция – 0,5 балла• записано уравнение (1) для стаканчика 2 – 0,5 балла• записаны уравнения (2) для стаканчика 3 – 0,5 балла | 1,5 балла |
| 3. Описаны результаты наблюдений и признаки химических реакций достаточно полно для понимания, как различать вещества – по 0,5 балла для каждого стаканчика. Например, в случае воды: <ul style="list-style-type: none">• нет химических признаков в стаканчике 1 – 0,5 балла• газ и осадок в стаканчике 2 – по 0,25 балла• газ в стаканчике 3 – 0,5 балла | 1,5 балла |

ИТОГО: | 5 баллов

Задача 2. Вариант 1

При прокаливании 5,00 г нитрата некоторого металла получилось 2,15 г твердого остатка и выделился газ с относительной плотностью по воздуху 1,52, а при прокаливании кристаллогидрата того же нитрата металла – газовая смесь, имеющая относительную плотность по воздуху 0,87. Считая, что при прокаливании нитраты разлагаются полностью, определите состав кристаллогидрата и запишите уравнения упомянутых в задаче реакций. Приведите Ваши расчёты.

Вариант решения

1. Средняя молярная масса газовой смеси, полученной при прокаливании нитрата, составляет:

$$M = 1,52 \cdot 29 = 44 \text{ г/моль}$$

Очевидно, что данная смесь должна представлять собой смесь диоксида азота и кислорода.

Пусть доля диоксида азота в смеси – x . Тогда:

$$46 \cdot x + 32 \cdot (1 - x) = 44$$

Отсюда $x = 0,857$, или $6/7$. Следовательно, соотношение диоксида азота и кислорода в смеси продуктов составляет 6:1.

2. Рассмотрим возможные варианты реакций разложения нитратов.

При разложении нитрата двухвалентного металла возможно два варианта:

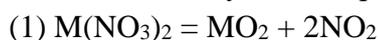
$M(NO_3)_2 = M + 2NO_2 + O_2$ или $2M(NO_3)_2 = 2MO + 4NO_2 + O_2$ – в первом случае соотношение диоксида азота и кислорода 2:1, во втором – 4:1.

Если речь идет о трехвалентном металле, то его разложение происходит по схеме:

$4M(NO_3)_3 = 2M_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2$ – в это случае имеем соотношение диоксида азота и кислорода 4:1.

Следовательно, чтобы соотношение диоксида азота и кислорода было 6:1, часть кислорода должна прореагировать, например с оксидом металла, т.е. в результате разложения получится оксид, степень окисления металла в котором больше, чем в исходном нитрате.

Возможны следующие варианты:



Соотношение NO_2 и O_2 6:1 выполняется в вариантах (2) и (4).

3. Рассмотрим вариант (2).

На 3 моль нитрата металла потеря массы составляет: $6 \cdot 46 + 32 = 308$ (г).

По условию задачи потеря массы составила: $5,00 - 2,15 = 2,85$ (г).

Следовательно, количество вещества нитрата было: $2,85 \cdot 3 / 308 = 0,02776$ (моль).

Молярная масса нитрата составляет: $5 / 0,02776 = 180$ (г/моль).

Молярная масса металла составит: $180 - 2 \cdot 62 = 56$ (г/моль). Металл – железо.

(Если рассмотреть вариант разложения (4), то, проделывая аналогичные действия, получим молярную массу металла 84 г/моль, такой двухвалентный металл отсутствует.)

4. Определим количество кристаллизационной воды в кристаллогидрате. Уравнение реакции разложения кристаллогидрата:



Средняя молярная масса газообразных продуктов составит:

$$M_{cp} = (6 \cdot 46 + 32 + 3x \cdot 18) / (7 + 3x) = 0,87 \cdot 29 = 25,23$$

Откуда получаем, что $x \approx 6$.

Ответ: $Fe(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$

Рекомендации к оцениванию

1. Определение средней молярной массы газовой смеси и установление её качественного состава

0,5 балла

2. Нахождение варианта с требуемым соотношением NO_2 и O_2 – 1 балл (анализ вариантов – 1 балл)	2 балла
3. Определение металла	1 балл
4. Вычисление количества кристаллизационной воды	1 балл
5. Уравнение реакции разложения кристаллогидрата	0,5 балла
ИТОГО:	5 баллов

Задача 2. Вариант 2

При прокаливании 3,00 г нитрата некоторого металла получилось 1,46 г твердого остатка и выделился газ с относительной плотностью по воздуху 1,59, а при прокаливании кристаллогидрата того же нитрата металла – газовая смесь, имеющая относительную плотность по воздуху 0,94. Считая, что при прокаливании нитраты разлагаются полностью, определите состав кристаллогидрата и запишите уравнения упомянутых в задаче реакций. Приведите Ваши расчёты.

Вариант решения

1. Средняя молярная масса газовой смеси, полученной при прокаливании нитрата, составляет:

$$M = 1,59 \cdot 29 = 46 \text{ г/моль}$$

Очевидно, что единственным газообразным продуктом реакции является диоксид азота

2. Рассмотрим возможные варианты реакций разложения нитратов.

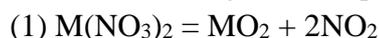
При разложении нитрата двухвалентного металла возможно два варианта:

$\text{M}(\text{NO}_3)_2 = \text{M} + 2\text{NO}_2 + \text{O}_2$ или $2\text{M}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{MO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$ – в первом случае соотношение диоксида азота и кислорода 2:1, во втором – 4:1.

Если речь идет о трехвалентном металле, то его разложение происходит по схеме:

$4\text{M}(\text{NO}_3)_3 = 2\text{M}_2\text{O}_3 + 12\text{NO}_2 + 3\text{O}_2$ – в это случае имеем соотношение диоксида азота и кислорода 4:1.

Следовательно, чтобы в смеси газов остался только диоксид азота, кислород должен полностью прореагировать, например с оксидом металла, т.е. в результате разложения получится оксид, степень окисления металла в котором больше, чем в исходном нитрате. Возможны следующие варианты:



3. Удовлетворяющим условию задачи является первый вариант разложения.

На 1 моль нитрата металла потеря массы составляет $2 \cdot 46 = 92$ (г).

По условию задачи потеря массы составила $3,00 - 1,46 = 1,54$ (г).

Следовательно, количество вещества нитрата было: $1,54 / 92 = 0,01674$ (моль).

Молярная масса нитрата составляет: $3 / 0,01674 = 179$ (г/моль).

Молярная масса металла составит: $179 - 2 \cdot 62 = 55$ (г/моль). Металл – марганец.

4. Определим количество кристаллизационной воды в кристаллогидрате. Уравнение реакции разложения кристаллогидрата:



Средняя молярная масса газообразных продуктов составит:

$$M_{\text{cp}} = (2 \cdot 46 + x \cdot 18) / (2 + x) = 0,94 \cdot 29 = 27,26$$

Откуда получаем, что $x \approx 4$

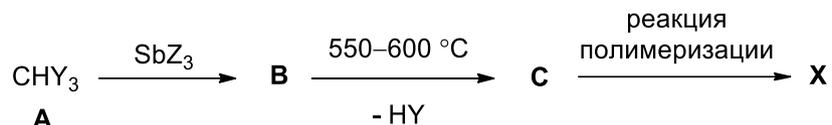
Ответ: $Mn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$

Рекомендации к оцениванию

1. Определение средней молярной массы газовой смеси и установление её качественного состава	0,5 балла
2. Нахождение варианта, в котором выделяется только NO_2 – 1 балл (анализ вариантов – 1 балл)	2 балла
3. Определение металла	1 балл
4. Вычисление количества кристаллизационной воды	1 балл
5. Уравнение реакции разложения кристаллогидрата	0,5 балла
ИТОГО:	5 баллов

Задача 3. Вариант 1

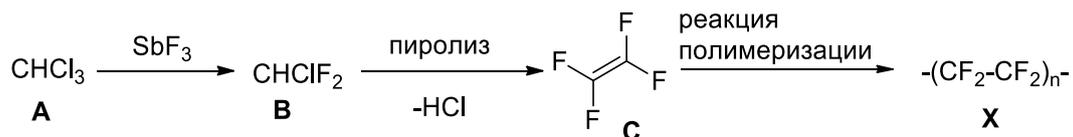
1. Полимер **X** широко применяется в науке и технике, а также при изготовлении посуды и создании имплантатов. Его молекулы состоят только из двух элементов: углерода и **Z**. Ниже представлена схема получения **X**. Вещества **B** и **C** являются устойчивыми газообразными веществами. Известно, что массовая доля элемента **Y** в соединении **A** равна 89,1%. Расшифруйте все неизвестные вещества на схеме и назовите полимер **X**.



Вариант решения

Распространенные полимеры, которые состоят лишь из двух элементов – это полиэтилен, для получения которого используется одностадийный процесс, а также политетрафторэтилен и политетрахлорэтилен. Становится понятно, что **Y** и **Z** – это галогены.

Установим элемент **Y**: $M(\text{CHY}_3) = 100 \cdot (12 + 1)/(100 - 89,1) = 119,3$ (г/моль). Тогда $M(\text{Y}) = (119,3 - 13)/3 = 35,4$ (г/моль), что соответствует хлору. Таким образом, вещество **A** – CHCl_3 (хлороформ, или трихлорметан). Так как в **A** уже присутствует хлор, а реакция превращения **A** в **B** явно представляет собой замену галогена на галоген, то, следовательно, полимер **X** не может быть полихлорэтиленом. Известны реакции замены хлора на фтор (энергия связи C-F выше, чем C-Cl), значит полимер **X** – политетрафторэтилен. А вещество **Z** – SbF_3 . Тогда вещество **C**, являющееся мономером для получения полимера **X**, – тетрафторэтилен. В веществе **B** имеется по крайней мере один атом **Y** и атом водорода, т.е. замещение хлора в хлороформе прошло не полностью. Варианты соединения **B**: CHCl_2F или CHClF_2 . Для получения тетрафторэтилена C_2F_4 наиболее подходящим вариантом является CHClF_2 (димеризация с отщеплением молекулы HCl).



Возможные названия полимера **X**: политетрафторэтилен, тефлон, фторопласт, перфторполиэтилен.

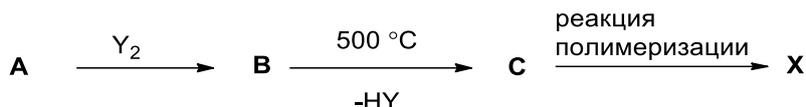
Рекомендации к оцениванию

1. Определение элемента Y	0,5 балла
----------------------------------	-----------

2. Определение веществ A и B – по 1 баллу	2 балла
3. Определение веществ C и X , а также SbF_3 и HCl – по 0,5 балла	2 балла
4. Название полимера (один из ответов)	0,5 балла
ИТОГО:	5 баллов

Задача 3. Вариант 2

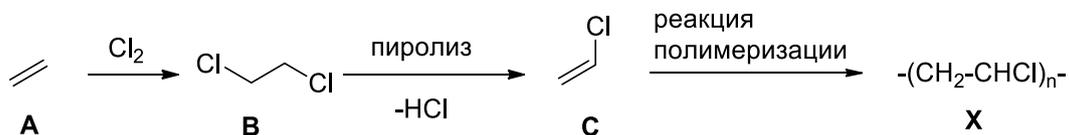
Полимер **X** широко используется в технике, в качестве изолятора и для изготовления труб. Ниже представлена схема получения **X**. Вещество **A** также является исходным для синтеза самого распространенного синтетического полимера в мире. Вещества **B** и **C** содержат элемент **Y**, причем массовая доля этого элемента в соединении **B** равна 71,7%. Расшифруйте все неизвестные вещества на схеме и назовите полимер **X**.



Вариант решения

Соединение **A** – этилен, мономер для получения полиэтилена, самого распространенного синтетического полимера в мире. Этилен легко вступает в реакции присоединения по кратной связи, поэтому становится понятным, что **Y** – галоген, об этом же говорит следующая реакция – дегидрогалогенирование. Тогда вещество **B** – это $\text{C}_2\text{H}_4\text{Y}_2$.

Установим элемент **Y**: $M(\text{C}_2\text{H}_4\text{Y}_2) = 100 \cdot (24 + 4)/(100 - 71,7) = 99$ (г/моль). Тогда $M(\text{Y}) = (99 - 28)/2 = 35,5$ (г/моль), что соответствует хлору. Таким образом, вещество **B** – $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ (1,2-дихлорэтан). Так вещество **C** содержит элемент **Y**, то превращение **B** в **C** – монодегидрогалогенирование, продуктом реакции (веществом **C**) является винилхлорид (или хлорэтилен), полимеризацией которого получается поливинилхлорид (полимер **X**).



Возможные названия полимера: поливинилхлорид, полихлорвинил.

Рекомендации к оцениванию

1. Определение элемента Y	0,5 балла
2. Определение веществ A и B – по 1 баллу	2 балла
3. Определение веществ C и X , а также Cl_2 и HCl – по 0,5 балла	2 балла
4. Название полимера (один из вариантов)	0,5 балла
ИТОГО:	5 баллов

Задача 4. Вариант 1

Некоторую соль одноосновной карбоновой кислоты массой 459,25 г растворили в воде и полученный раствор подвергли электролизу. В результате на катоде выделился единственный продукт – металл, а на охлаждаемом аноде – смесь газов объёмом 92,4 л и плотностью 1,756 г/л (н.у.), включающая только одно органическое вещество. Определите формулу соли (ответ подтвердите расчётами), а также приведите уравнение протекавшей реакции.

Вариант решения

Введём обозначения. Пусть кислотный остаток соли RCOO^- , где $\text{R} = \text{H}$ или алкил, металл – M , молярная масса металла – $M(\text{M})$, валентность металла – y .

1. Поскольку на катоде выделяется металл, M расположен правее водорода в ряду напряжений металлов.

2. Общая схема процесса: $2(\text{RCOO})_y\text{M} \rightarrow 2\text{M}$ (на катоде) + $(2y)\text{CO}_2\uparrow + y\text{R}-\text{R}\uparrow$ (на аноде)

Поскольку на аноде выделяются 2 газа – CO_2 и алкан, R может быть только H , CH_3 или C_2H_5 (при большем количестве C на аноде выделится не газообразный алкан, а жидкий).

3. Установим R . Воспользуемся соотношениями:

$$\langle M_{\text{смеси}} \rangle = M(\text{CO}_2) \cdot x(\text{CO}_2) + M(\text{R}-\text{R}) \cdot x(\text{R}-\text{R}); \quad \langle M_{\text{смеси}} \rangle = \rho_{\text{смеси}} \cdot V_m$$

Поскольку выделяется 3 газообразных частицы и коэффициенты 2:1, $x(\text{CO}_2) = 2/3$, $x(\text{R}-\text{R}) = 1/3$.

Получаем уравнение: $44 \cdot 2/3 + M(\text{R}-\text{R}) \cdot 1/3 = 39,3344$. Отсюда следует, что $M(\text{R}-\text{R}) = 30$ г/моль. Это этан CH_3-CH_3 . Значит, кислотный остаток – ацетат-анион CH_3-COO^- .

4. Найдём количества выделившихся газов и количество соли.

$$n_{\text{общ}}(\text{газовой смеси}) = V_{\text{общ}} / V_m = 92,4 \text{ л} / (22,4 \text{ л/моль}) = 4,125 \text{ моль.}$$

Т.к. из 3 газовых частиц 2 частицы – это CO_2 , то $n(\text{CO}_2) = n_{\text{общ}} \cdot 2/3 = 2,75$ моль.

$$n(\text{соли}) = n(\text{CO}_2) / y = (2,75/y) \text{ моль.}$$

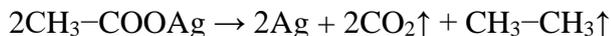
5. Чтобы найти металл, составим уравнение, связывающее молярные массы металла и соли:

$$M(\text{соли}) = 459,25 \text{ г} / (2,75/y) \text{ моль} = 167y = 59y + M(\text{M}).$$

Если $y = 1$, то $M(\text{M}) = 108$ г/моль – это серебро.

Если $y = 2$, то $M(\text{M}) = 216$ г/моль – нет такого металла.

6. Таким образом, соль – ацетат серебра CH_3-COOAg . Уравнение реакции:



Рекомендации к оцениванию

1. Сделан вывод, что металл находится правее водорода в ряду напряжений металлов	0,5 балла
2. В расчётах учтены коэффициенты между солью, CO_2 и газами, либо составлена схема реакции	2 · 0,25 балла
3. Установлен кислотный остаток соли: приведён ответ и расчёты • без расчётов – минус 0,5 балла	1 балл
4. При нахождении количества газов учтено их содержание в смеси (2:1).	2 · 0,5 балла
5. Составлено уравнение, связывающее молярную массу соли, молярную массу металла и его валентность, либо присутствуют рассуждения для подбора по молярной массе	1 балл
6. Записана формула соли и составлено уравнение реакции электролиза водного раствора	2 · 0,5 балла
ИТОГО:	5 баллов

Задача 4. Вариант 2

Некоторую соль одноосновной карбоновой кислоты массой 367,5 г растворили в воде и полученный раствор подвергли электролизу. В результате на катоде выделился

единственный продукт – металл, а на охлаждаемом аноде – смесь газов объёмом 117,6 л и плотностью 2,173 г/л (н.у.), включающая только одно органическое вещество. Определите формулу соли (ответ подтвердите расчётами), а также приведите уравнение протекавшей реакции.

Вариант решения

Введём обозначения. Пусть кислотный остаток соли RCOO^- , где $\text{R} = \text{H}$ или алкил, металл – M , молярная масса металла – $M(\text{M})$, валентность металла – y .

1. Поскольку на катоде выделяется металл, M расположен правее водорода в ряду напряжений металлов.

2. Общая схема процесса: $2(\text{RCOO})_y\text{M} \rightarrow 2\text{M}$ (на катоде) + $(2y)\text{CO}_2\uparrow$ + $y\text{R-R}\uparrow$ (на аноде)

Поскольку на аноде выделяются 2 газа – CO_2 и алкан, R может быть только H , CH_3 или C_2H_5 (при большем количестве C на аноде выделится не газообразный алкан, а жидкий).

3. Установим R . Воспользуемся соотношениями:

$$\langle M_{\text{смеси}} \rangle = M(\text{CO}_2) \cdot x(\text{CO}_2) + M(\text{R-R}) \cdot x(\text{R-R}); \quad \langle M_{\text{смеси}} \rangle = \rho_{\text{смеси}} \cdot V_m$$

Поскольку выделяется 3 газообразных частицы и коэффициенты 2:1, $x(\text{CO}_2) = 2/3$, $x(\text{R-R}) = 1/3$.

Получаем уравнение: $44 \cdot 2/3 + M(\text{R-R}) \cdot 1/3 = 48,6752$. Отсюда следует, что $M(\text{R-R}) = 58$ г/моль. Это бутан C_4H_{10} . Значит, кислотный остаток – пропионат-анион $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COO}^-$.

4. Найдём количества выделившихся газов и количество соли.

$$n_{\text{общ}}(\text{газовой смеси}) = V_{\text{общ}} / V_m = 117,6 \text{ л} / (22,4 \text{ л/моль}) = 5,25 \text{ моль.}$$

Т.к. из 3 газовых частиц 2 частицы – это CO_2 , то $n(\text{CO}_2) = n_{\text{общ}} \cdot 2/3 = 3,5$ моль.

$$n(\text{соли}) = n(\text{CO}_2) / y = (3,5/y) \text{ моль.}$$

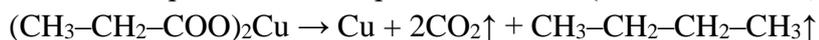
5. Чтобы найти металл, составим уравнение, связывающее молярные массы металла и соли:

$$M(\text{соли}) = 367,5 \text{ г} / (3,5/y) \text{ моль} = 105y = 73y + M(\text{M}).$$

Если $y = 1$, то $M(\text{M}) = 32$ г/моль – нет такого металла.

Если $y = 2$, то $M(\text{M}) = 64$ г/моль – это медь.

6. Таким образом, соль – пропионат меди $(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COO})_2\text{Cu}$. Уравнение реакции:



Рекомендации к оцениванию

1. Сделан вывод, что металл находится правее водорода в ряду напряжений металлов	0,5 балла
2. В расчётах учтены коэффициенты между солью, CO_2 и газами, либо составлена схема реакции	2 · 0,25 балла
3. Установлен кислотный остаток соли: приведён ответ и расчёты • без расчётов – минус 0,5 балла	1 балл
4. При нахождении количества газов учтено их содержание в смеси (2:1).	2 · 0,5 балла
5. Составлено уравнение, связывающее молярную массу соли, молярную массу металла и его валентность, либо присутствуют рассуждения для подбора по молярной массе	1 балл
6. Записана формула соли и составлено уравнение реакции электролиза водного раствора	2 · 0,5 балла
ИТОГО:	5 баллов

Задача 5. Вариант 1

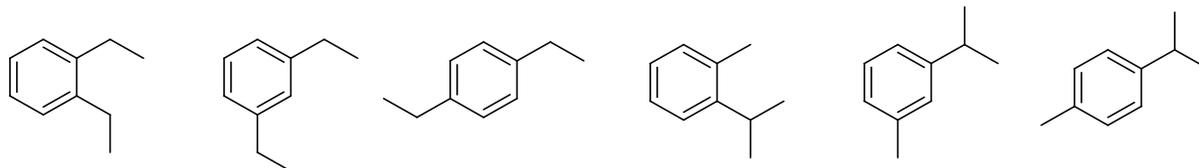
Ароматический углеводород **X** ($\omega(\text{C}) = 89,5\%$) массой 10,0 г окислили при нагревании избытком подкисленного раствора перманганата калия. При этом выделилось 3,7 л газа (25 °С, 750 мм. рт. ст.). Углеводород **X** не реагирует с бромом в темноте, а при его обработке нитрующей смесью образуется только одно мононитропроизводное. Определите строение углеводорода **X** и напишите уравнения упомянутых реакций.

Вариант решения

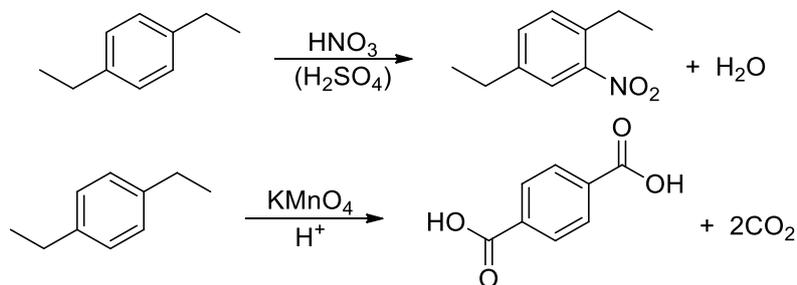
Бензольное кольцо устойчиво к окислению перманганатом калия, т.е. в задаче происходит окисление заместителя в боковой цепи. Газом, выделяющимся при окислении углеводорода, является углекислый газ.

Количество вещества CO_2 можно рассчитать по уравнению Менделеева-Клапейрона: $n(\text{CO}_2) = (750/760) \cdot 101,325 \cdot 3,7 / (8,31 \cdot 298) = 0,15$ (моль).

Найдем простейшую брутто-формулу углеводорода: $n(\text{C}) : n(\text{H}) = 89,5/12 : 10,5/1 = 7,46 : 10,5 = 1 : 1,4$. Двойные связи в молекуле углеводорода отсутствуют, что следует из отсутствия его реакции с бромом в темноте. Так как число атомов водорода в углеводородах четное, а также учитывая, что углеводород ароматический (минимум 6 атомов углерода), то найденному соотношению будет соответствовать брутто-формула $\text{C}_{10}\text{H}_{14}$. Тогда количество вещества углеводорода: $10/134 = 0,075$ (моль), т.е. на одну молекулу ароматического соединения приходится две молекулы углекислого газа. Чтобы такое было возможно в структуре должны присутствовать либо две этильные группы, либо одна метильная и одна изопропильная. Тогда имеем шесть возможных структурных формул углеводорода:



При нитровании нитрующей смесью происходит нитрование ароматического кольца. Так как при этом образуется только одно мононитропроизводное, молекула является высоко симметричной. Условию задачи удовлетворяет только 1,4-диэтилбензол (или *para*-диэтилбензол). В случае других структурных формул число мононитропроизводных будет больше. Уравнения реакций:



Рекомендации к оцениванию

- вывод о том, что выделяющийся газ – это CO_2 – 0,5 балла
 - количество вещества CO_2 – 0,5 балла
 - соотношение количеств углерода и водорода – 0,5 балла
 - истинная брутто-формула углеводорода – 0,5 балла
 - вывод о наличии двух этильных или одной метильной и одной

изопропильной группы – по 0,5 балла

- выход на 1,4-диэтилбензол с анализом вариантов – 1 балл

2. Уравнения реакций (или схемы реакций) – по 0,5 балла

ИТОГО: 5 баллов

Задача 5. Вариант 2

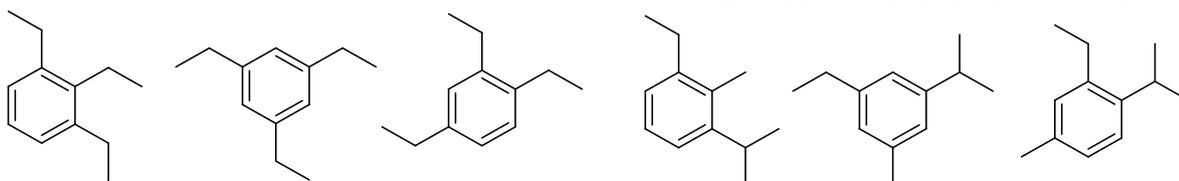
Ароматический углеводород **У** ($\omega(\text{C}) = 88,8\%$) массой 9,1 г окислили при нагревании избытком подкисленного раствора перманганата калия. При этом выделилось 4,2 л газа (20 °С, 730 мм. рт. ст.). Углеводород **У** не реагирует с бромом в темноте, а при его обработке нитрующей смесью образуется только одно мононитропроизводное. Определите строение углеводорода **У** и напишите уравнения упомянутых реакций.

Вариант решения

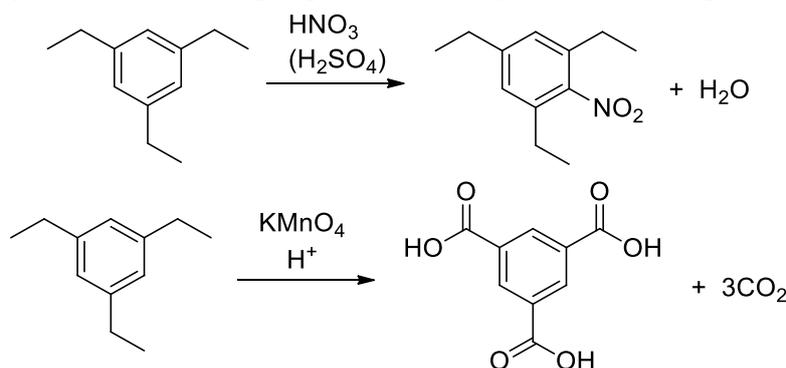
Бензольное кольцо устойчиво к окислению перманганатом калия, т.е. в задаче происходит окисление заместителя в боковой цепи. Газом, выделяющимся при окислении углеводорода, является углекислый газ.

Количество вещества CO_2 можно рассчитать по уравнению Менделеева-Клапейрона: $n(\text{CO}_2) = (730/760) \cdot 101,325 \cdot 4,2 / (8,31 \cdot 293) = 0,168$ (моль).

Найдем простейшую брутто-формулу углеводорода: $n(\text{C}) : n(\text{H}) = 88,8/12 : 11,2/1 = 7,4 : 11,2 = 1 : 1,5$. Двойные связи в молекуле углеводорода отсутствуют, что следует из отсутствия его реакции с бромом в темноте. Так как число атомов водорода в углеводородах четное, а также учитывая, что углеводород ароматический ($\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$), то найденному соотношению будет соответствовать брутто-формула $\text{C}_{12}\text{H}_{18}$. Тогда количество вещества углеводорода: $9,1/162 = 0,056$ (моль), т.е. на одну молекулу ароматического соединения приходится три молекулы углекислого газа. Чтобы такое было возможно в структуре должны присутствовать либо три этильные группы, или одна изопропильная, одна этильная и одна метильная. Тогда имеем шесть возможных структурных формул углеводорода:



При нитровании нитрующей смесью происходит нитрование ароматического кольца. Так как при этом образуется только одно мононитропроизводное, молекула является высоко симметричной. Условию задачи удовлетворяет только 1,3,5-триэтилбензол. В случае других структурных формул число мононитропроизводных будет больше. Уравнения реакций:



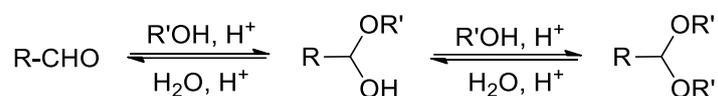
Рекомендации к оцениванию

- вывод о том, что выделяющийся газ – это CO_2 – 0,5 балла
 - количество вещества CO_2 – 0,5 балла
 - соотношение количеств углерода и водорода – 0,5 балла
 - истинная брутто-формула углеводорода – 0,5 балла
 - вывод о наличии трёх этильных или одной изопропильной, одной этильной и одной метильной группы – по 0,5 балла
 - выход на 1,3,5-диэтилбензол с анализом вариантов – 1 балл
- Уравнения реакций (или схемы реакций) – по 0,5 балла

ИТОГО: 5 баллов

Задача 6. Вариант 1

Альдегиды обратимо взаимодействуют со спиртами с образованием полуацеталей и ацеталей:

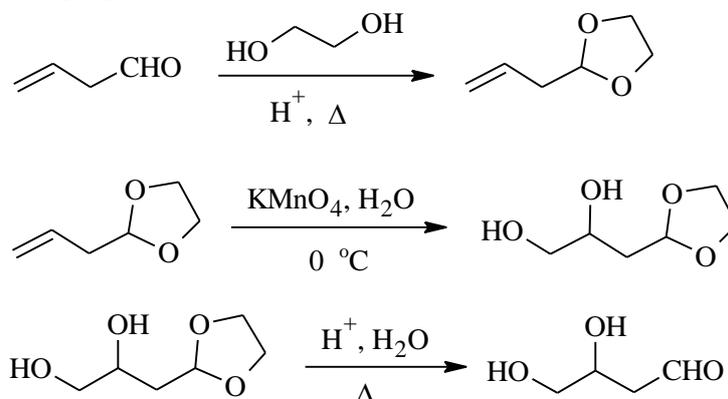


При образовании циклических ацеталей равновесие легко удается сместить вправо. Так, для получения соединения **X** бут-3-еналь прокипятили с этиленгликолем в кислой среде. Продукт реакции ($\omega(\text{O}) = 28\%$) окислили водным раствором перманганата калия при 0°C , после чего провели кислый гидролиз.

- Изобразите структурные формулы веществ, образующихся в результате последовательных превращений при получении соединения **X**.
- Можно ли получить соединение **X** путем прямого взаимодействия бут-3-еналь с водным раствором перманганата калия? Ваш ответ поясните. Запишите уравнение соответствующей реакции.
- Какие факторы, помимо образования устойчивых пяти- и шестичленных циклов, будут способствовать смещению равновесия в сторону образования ацеталей?

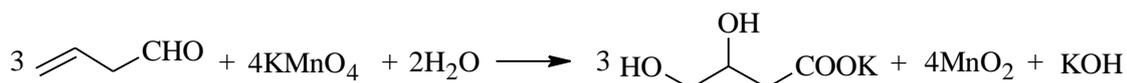
Вариант решения

- Последовательность превращений, используемых для получения вещества **X**:



Брутто-формула ацеталей ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_2$) также подтверждается по массовой доле кислорода.

- Соединение **X** не удастся получить путем прямого взаимодействия исходного вещества с водным раствором перманганата калия, т.к. альдегидная группа тоже будет окисляться:



Именно поэтому используется реакция образования циклического ацетала (введение защитной группы).

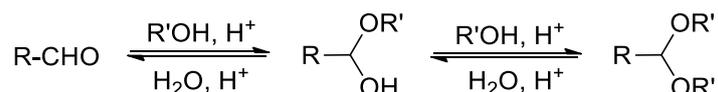
3. Для смещения равновесия в сторону ацетала необходимо (1) использовать большой избыток этиленгликоля и (2) удалять ацеталь или воду из реакционной смеси (для этого используют азеотропную отгонку воды с органическим растворителем или добавляют осушители).

Рекомендации к оцениванию

1. Структурные формулы – по 0,8 балла	2,4 балла	
2. Правильный ответ на вопрос с обоснованием – 0,8 балла Уравнение реакции – 1 балл (с неправильными коэффициентами – 0,5 балла)		1,8 балла
3. Факторы, способствующие смещению равновесия – по 0,4 балла		0,8 балла
ИТОГО:		5 баллов

Задача 6. Вариант 2

Альдегиды обратимо взаимодействуют со спиртами с образованием полуацеталей и ацеталей:

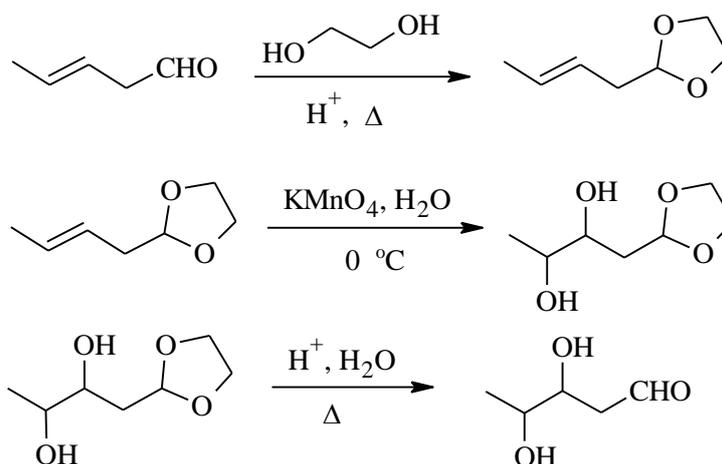


При образовании циклических ацеталей равновесие легко удается сместить вправо. Так, для получения соединения **X** пент-3-еналь прокипятили с этиленгликолем в кислой среде. Продукт реакции ($\omega(\text{O}) = 25\%$) окислили водным раствором перманганата калия при 0 °С, после чего провели кислый гидролиз.

- 1) Изобразите структурные формулы веществ, образующихся в результате последовательных превращений при получении соединения **X**.
- 2) Можно ли получить соединение **X** путем прямого взаимодействия пент-3-енала с водным раствором перманганата калия? Ваш ответ поясните. Запишите уравнение соответствующей реакции.
- 3) Какие факторы, помимо образования устойчивых пяти- и шестичленных циклов, будут способствовать смещению равновесия в сторону образования ацетала?

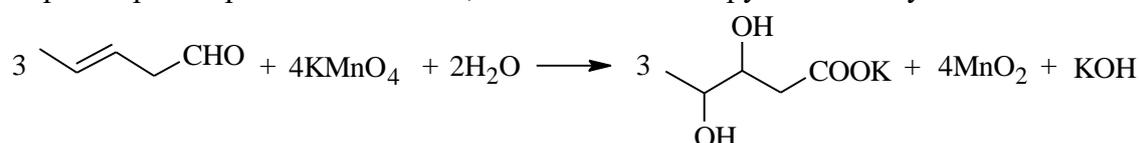
Вариант решения

1. Последовательность превращений, используемых для получения вещества **X**:



Брутто-формула ацетала ($\text{C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2$) также подтверждается по массовой доле кислорода.

2. Соединение **X** не удастся получить путем прямого взаимодействия исходного вещества с водным раствором перманганата калия, т.к. альдегидная группа тоже будет окисляться:



Именно поэтому используется реакция образования циклического ацетала (введение защитной группы).

3. Для смещения равновесия в сторону ацетала необходимо использовать большой избыток этиленгликоля и удалять воду из реакционной смеси (для этого используют азеотропную отгонку воды с органическим растворителем или добавляют осушители).

Рекомендации к оцениванию

1. Структурные формулы – по 0,8 балла	2,4 балла
2. Правильный ответ на вопрос с обоснованием – 0,8 балла	
Уравнение реакции – 1 балл (с неправильными коэффициентами – 0,5 балла)	1,8 балла
3. Факторы, способствующие смещению равновесия – по 0,4 балла	0,8 балла
ИТОГО: 5 баллов	

Так как в задаче 11-6, вариант 2, имелась опечатка в пункте 2, то за ответ «Соединение **X** не удастся получить путем прямого взаимодействия исходного вещества с водным раствором перманганата калия, так как в соединении **X** на один атом углерода больше, чем в исходном соединении» выставляется 1,8 балла, даже при отсутствии какого-либо уравнения реакции