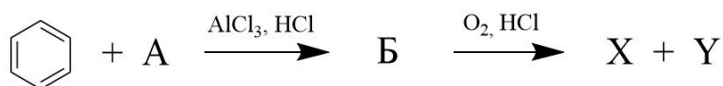


Школьный этап по химии

Химия. 11 класс. Ограничение по времени 90 минут

Соединения **X** и **Y** имеют большое значение для промышленности и синтеза других органических соединений. Для их получения применяется так называемый кумольный способ, стадии которого представлены ниже:



Соединение **A** – нециклический углеводород с массовой долей углерода **85,71%**, при окислении которого перманганатом калия в кислой среде образуется уксусная кислота и углекислый газ. **B** также является углеводородом. После окисления соединения **B** и последующего гидролиза были получены вещества **X** и **Y**, причем молярная масса **X** больше молярной массы **Y**.

X – слабая органическая кислота. Это соединение ядовито, оставляет ожоги на коже. При долгом хранении на воздухе розовеет, что связано с его окислением.

Об **Y** известно, что после полного сжигания **2 г** этого соединения в избытке кислорода образуется **2,317 л** газа (при н.у.) и **1,862 г** жидкости.

Определите вещество **A**. Запишите ответ в виде формулы. Формулу запишите БЕЗ пробелов, знаков препинания и дополнительных символов, используйте только ЛАТИНСКИЕ символы (например, H2S)

Правильный ответ:

C3H6

Формула вычисления баллов: 0-4 1-0

4 балла

Запишите молярную массу **B**. Ответ дайте в г/моль и округлите до целых. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов), быть не должно. Например: **25**

Правильный ответ:

120

Формула вычисления баллов: 0-4 1-0

4 балла

Запишите повседневное название вещества **X**. В качестве ответа укажите **ОДНО** слово в именительном падеже БЕЗ пробелов, знаков препинания и дополнительных символов. Например: метан

Правильный ответ:

фенол

Формула вычисления баллов: 0-6 1-0

6 баллов

Запишите повседневное название вещества **Y**. В качестве ответа укажите **ОДНО** слово в именительном падеже **БЕЗ** пробелов, знаков препинания и дополнительных символов. Например: метан

Правильный ответ:

ацетон

Формула вычисления баллов: 0-6 1-0

6 баллов

Решение задачи:

1) Определим соотношение углерода и водорода в соединении **A**. Составим уравнение:

$$\frac{12 \text{ г/моль}}{12 \text{ г/моль} + x \text{ г/моль}} = 0,8571,$$

отсюда $x = 2$, что соответствует общей формуле C_xH_{2x} . Так как при окислении соединения **A** перманганатом калия в кислой среде образуется уксусная кислоты и углекислый газ, можно догадаться, что **A** – это пропен (C_3H_6).

2) Реакция взаимодействия бензола и пропена в присутствии кислоты Льюиса – это реакция алкилирования бензола, в результате чего образуется кумол $C_6H_5 - CH(CH_3)_2$. Его молярная масса составляет

$$M = 9 \cdot 12 \text{ г/моль} + 12 \cdot 1 \text{ г/моль} = 120 \text{ г/моль}.$$

3) По описанию соединения **X** можно догадаться, что речь идет о феноле. Также, это один из продуктов кумольного способа с большей молярной массой.

4) Образовавшийся газ – CO_2 , его количество:

$$n = \frac{2,317 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,1034 \text{ моль},$$

что соответствует количеству углерода в **Y**. Количество водорода составляет:

$$n = \frac{1,862 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} \cdot 2 = 0,2069 \text{ моль}.$$

Определим, есть ли в соединении кислород:

$$2 \text{ г} - 0,1034 \text{ моль} \cdot 12 \frac{\text{г}}{\text{моль}} - 0,2069 \text{ моль} \cdot 1 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 0,5523 \text{ г}$$

кислорода или **0,0345** моль кислорода.

Таким образом, в соединении **Y** соотношение $O : C : H = 1 : 3 : 6$. Это соответствует молекуле ацетона $CH_3C(O)CH_3$.

За решение задачи 20 баллов

Кумольный способ. Вариант №2

#1185964

Соединения **X** и **Y** имеют большое значение для промышленности и синтеза других органических соединений. Для их получения применяется так называемый кумольный способ, стадии которого представлены ниже:



Соединение **A** – циклический углеводород с массовой долей углерода **92,31%**. **B** также является углеводородом. После окисления соединения **B** и последующего гидролиза были получены вещества **X** и **Y**, причем молярная масса **Y** выше молярной массы **X**.

Об **X** известно, что после полного сжигания **2** г этого соединения в избытке кислорода образуется **2,317** л газа (при н.у.) и **1,862** г жидкости.

Y – слабая органическая кислота. Это соединение ядовито, оставляет ожоги на коже. При долгом хранении на воздухе розовеет, что связано с его окислением.

Определите вещество **A**. Запишите ответ в виде формулы. Формулу запишите БЕЗ пробелов, знаков препинания и дополнительных символов, используйте только ЛАТИНСКИЕ символы (например, H2S)

Правильный ответ:

C6H6

Формула вычисления баллов: 0-4 1-0

4 балла

Запишите молярную массу **B**. Ответ дайте в г/моль и округлите до целых. В качестве ответа вводите целое число. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов), быть не должно. Например: **25**

Правильный ответ:

120

Формула вычисления баллов: 0-4 1-0

4 балла

Запишите повседневное название вещества **X**. В качестве ответа укажите **ОДНО** слово в именительном падеже БЕЗ пробелов, знаков препинания и дополнительных символов. Например: метан

Правильный ответ:

ацетон

Формула вычисления баллов: 0-6 1-0

6 баллов

Запишите повседневное название вещества **Y**. В качестве ответа укажите **ОДНО** слово в именительном падеже БЕЗ пробелов, знаков препинания и дополнительных символов. Например: метан

Правильный ответ:

фенол

Формула вычисления баллов: 0-6 1-0

6 баллов

Решение задачи:

1) Определим соотношение углерода и водорода в соединении **A**. Составим уравнение:

$$\frac{12 \text{ г/моль}}{12 \text{ г/моль} + x \text{ г/моль}} = 0,9231,$$

отсюда $x = 1$, что соответствует общей формуле C_xH_x . **A** – циклический углеводород, можно сделать вывод, что **A** – бензол (C_6H_6).

2) Реакция взаимодействия бензола и пропена в присутствии кислоты Льюиса – это реакция алкилирования бензола, в результате чего образуется кумол $C_6H_5 - CH(CH_3)_2$. Его молярная масса составляет

$$M = 9 \cdot 12 \text{ г/моль} + 12 \cdot 1 \text{ г/моль} = 120 \text{ г/моль}.$$

3) Образовавшийся газ – CO_2 , его количество:

$$n = \frac{2,317 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,1034 \text{ моль},$$

что соответствует количеству углерода в **X**. Количество водорода составляет:

$$n = \frac{1,862 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} \cdot 2 = 0,2069 \text{ моль}.$$

Определим, есть ли в соединении кислород:

$$2 \text{ г} - 0,1034 \text{ моль} \cdot 12 \frac{\text{г}}{\text{моль}} - 0,2069 \text{ моль} \cdot 1 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 0,5523 \text{ г}$$

кислорода или **0,0345** моль кислорода.

Таким образом, в соединении **X** соотношение $O : C : H = 1 : 3 : 6$. Это соответствует молекуле ацетона $CH_3C(O)CH_3$.

4) По описанию соединения **Y** можно догадаться, что речь идет о феноле. Также, это один из продуктов кумольного способа с большей молярной массой.

За решение задачи 20 баллов

Если все варианты одновременно не помещаются в окно браузера, можно воспользоваться сочетанием клавиш **ctrl** и **(-)** (**cmd** и **(-)** для Mac) для уменьшения масштаба окна

Обратите внимание, что баллы выставляются только за **ПОЛНОСТЬЮ** верный ответ.

Многообразие органических кислот очень велико, и все они различны по своей силе. Кислотными свойствами может обладать молекула не только с общей формулой **$R - COOH$** , к которой мы так привыкли. Как правило, сила кислоты определяется степенью диссоциации: чем легче отрывается протон – тем сильнее будет кислота.

В качестве тренировочного примера сравним между собой кислотность этилового спирта и воды. Углеродородный радикал (**$C_2H_5 - OH$**) по сравнению с атомом водорода (**$H - OH$**) является более сильным донором электронной плотности, что делает связь О-Н менее полярной в случае этилового спирта и, следовательно, менее кислотной (она хуже разрывается, а значит, образуется меньше свободных протонов). Углеродородный радикал (**$C_2H_5 -$**) как бы «добавляет» электронной плотности на атом кислорода, благодаря чему, кислород может не так сильно перетягивать ее с соседнего атома водорода, чтобы компенсировать свою большую электроотрицательность. Говоря научными терминами углеродородный радикал (**$C_2H_5 -$**) оказывает положительный индуктивный эффект (**$+I$**). Таким образом, вода является более сильной кислотой, чем этиловый спирт.

Данный факт легко подтвердить и экспериментально: металлический натрий вступает в бурную реакцию с водой, которая часто сопровождается воспламенением кусочка металла, в то время как при погружении его в этанол он медленно растворяется с шипением.

Ниже представлен список некоторых органических молекул, проявляющих кислотные свойства:

- 1) **CF_3COOH**
- 2) **CH_3COOH**
- 3) **$CH_3CH(OH)CH_3$**
- 4) **$CH_3CH_2CH_2OH$**
- 5) **C_2H_2**
- 6) **CH_2FCOOH**

Отдельные органические кислоты обладают кислотными свойствами за счёт подвижности водорода, связанного с углеродом. Так, некоторая органическая кислота **X** является широко используемым лигандом для получения комплексов d-металлов. Соединение **X** зеркально-симметрично, его структура идентична своему отражению в плоскости симметрии. **X** не реагирует с реактивом Толленса и содержит **8.0%** водорода по массе, а мольное соотношение углерода и кислорода составляет **$C : O = 5 : 2$** .

1. Расставьте кислоты, начиная с самой слабой и заканчивая самой сильной.

1	C_2H_2
2	$CH_3CH(OH)CH_3$
3	$CH_3CH_2CH_2OH$
4	CH_3COOH
5	CH_2FCOOH
6	CF_3COOH

Доступные варианты ответов:

$CH_3CH_2CH_2OH$	CH_3COOH	$CH_3CH(OH)CH_3$
C_2H_2	CF_3COOH	CH_2FCOOH

Формула вычисления баллов: 0-10 1-0

10 баллов

2. Запишите структурную формулу **X**. В ответе запишите молярную массу **X** в г/моль с точностью до целых. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов), быть не должно. Например: **123**

Правильный ответ:

100

Формула вычисления баллов: 0-10 1-0

10 баллов

1) Самой слабой кислотой в списке является ацетилен C_2H_2 , так как протон в случае этой кислоты отрывается от атома углерода, а не кислорода, а связь $C-H$ менее поляризована и, как следствие, более прочна. Следующей по силе является кислота $CH_3CH(OH)CH_3$, которая представляет собой вторичный спирт. Немного сильнее ее является кислота $CH_3CH_2CH_2OH$ – первичный спирт. Здесь наблюдаем проявление индуктивного эффекта: наличие метильных групп (CH_3) в пропанол-2 оказывает больший положительный $+I$ эффект, то есть они увеличивают электронную плотность на атоме углерода, связанном с гидроксильной группой, что делает протон менее доступным для отщепления. Осталось три органические кислоты, которые различны по группам R ($R-COOH$), чем более акцепторной является группа, тем лучше депротонируется кислота.

2) Если соединение X используется в качестве лиганда, то в его состав входит донорный атом, вероятнее всего кислород, так как соединения с азотом скорее склонны проявлять основные свойства. Предположим, что формула X – это $C_xH_yO_z$. Молярная масса такого соединения должна быть целочисленной. Переберем различные количество водородов:

Число водородов	$y = 2$	$y = 4$	$y = 6$	$y = 8$
Молярная масса, г/моль	25	50	75	100

Молярная масса получается целочисленной только если число водородов четное.

$y = 2$ или 6 не подходит, так как молярная масса получается нечетной. Наиболее разумное значение – 8 , так как в таком случае можно подобрать соединение $C_5H_8O_2$. Подумаем над его структурой: соединение зеркально-симметрично, вероятнее всего содержит донорные группы, которые не являются альдегидными (не реагирует с реактивом Толленса). Таким образом, можно догадаться, что соединение X – ацетилацетон $CH_3C(O)CH_2C(O)CH_3$, в котором как раз

$C : O = 5 : 2$, а $M = 100$ г/моль.

Если все варианты одновременно не помещаются в окно браузера, можно воспользоваться сочетанием клавиш **ctrl** и **(-)** (**cmd** и **(-)** для Mac) для уменьшения масштаба окна

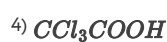
Обратите внимание, что баллы выставляются только за **ПОЛНОСТЬЮ** верный ответ.

Многообразие органических кислот очень велико, и все они различны по своей силе. Кислотными свойствами может обладать молекула не только с общей формулой **$R - COOH$** , к которой мы так привыкли. Как правило, сила кислоты определяется степенью диссоциации: чем легче отрывается протон – тем сильнее будет кислота.

В качестве тренировочного примера сравним между собой кислотность этилового спирта и воды. Углевodородный радикал (**$C_2H_5 - OH$**) по сравнению с атомом водорода (**$H - OH$**) является более сильным донором электронной плотности, что делает связь **$O - H$** менее полярной в случае этилового спирта и, следовательно, менее кислотной (она хуже разрывается, а значит, образуется меньше свободных протонов). Углевodородный радикал (**$C_2H_5 -$**) как бы «добавляет» электронной плотности на атом кислорода, благодаря чему, кислород может не так сильно перетягивать ее с соседнего атома водорода, чтобы компенсировать свою бóльшую электроотрицательность. Говоря научными терминами углевodородный радикал (**$C_2H_5 -$**) оказывает положительный индуктивный эффект (**$+I$**). Таким образом, вода является более сильной кислотой, чем этиловый спирт.

Данный факт легко подтвердить и экспериментально: металлический натрий вступает в бурную реакцию с водой, которая часто сопровождается воспламенением кусочка металла, в то время как при погружении его в этанол он медленно растворяется с шипением.

Ниже представлен список некоторых органических молекул, проявляющих кислотные свойства:



Отдельные органические кислоты обладают кислотными свойствами за счёт подвижности водорода, связанного с углеродом. Так, некоторая органическая кислота **X** является широко используемым лигандом для получения комплексов d-металлов. Соединение **X** зеркально-симметрично, и его структура идентична своему отражению в плоскости симметрии. **X** реагирует с реактивом Толленса и содержит **5,55%** водорода по массе, а мольное соотношение углерода и кислорода составляет **$C : O = 3 : 2$** .

1. Расставьте кислоты, начиная с самой слабой и заканчивая самой сильной.

1	CH_3NH_2
2	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
3	CH_3OH
4	CH_3COOH
5	CCl_3COOH
6	CF_3COOH

Доступные варианты ответов:

CH_3COOH	CF_3COOH	CH_3OH
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	CCl_3COOH	CH_3NH_2

Формула вычисления баллов: 0-10 1-0

10 баллов

2. Запишите структурную формулу **X**. В ответе запишите молярную массу **X** в г/моль с точностью до целых. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов), быть не должно. Например: **123**

Правильный ответ:

72

Формула вычисления баллов: 0-10 1-0

10 баллов

1) Наиболее слабой кислотой из списка является метиламин CH_3NH_2 , так как связь $\text{N} - \text{H}$ прочнее связи $\text{O} - \text{H}$ и сложнее диссоциирует. Следующей по силе является кислота $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, а после нее CH_3OH , здесь рассуждения аналогичные тренировочному примеру из условия. Осталось три органические кислоты, которые различны по группам R ($\text{R} - \text{COOH}$), чем более акцепторной является группа, тем лучше депротонируется кислота.

2) Если соединение X используется в качестве лиганда, то в его состав входит донорный атом, вероятнее всего кислород, так как соединения с азотом скорее склонны проявлять основные свойства. Предположим, что формула X – это $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$. Молярная масса такого соединения должна быть целочисленной. Переберем различное количество водородов:

Число водородов	$y = 2$	$y = 4$	$y = 6$	$y = 8$
Молярная масса, г/моль	36	72	108	144

Наиболее разумное значение – 4, так как в таком случае можно подобрать соединение $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$. Подумаем над его структурой: соединение зеркально-симметрично, вероятнее всего содержит донорные группы, которые являются альдегидными (реагирует с реактивом Толленса). Таким образом, можно догадаться, что соединение X – пропандиаль (малоновый диальдегид) $\text{HC(O)CH}_2\text{C(O)H}$, в котором как раз $\text{C} : \text{O} = 3 : 2$, а $M = 72$ г/моль.

Металлоорганические соединения – это класс органических соединений, в которых атом металла непосредственно связан с атомом углерода органического фрагмента. Эти вещества играют большую роль в синтезе более сложных органических соединений. Их особенность заключается в том, что в связи с большой разницей электроотрицательности углерода и металла (как правило, лития или магния), на атоме углерода возникает частично отрицательный заряд.

Ниже представлен список некоторых органических веществ:

- 1) CH_3MgBr
- 2) CH_3NHLi
- 3) C_6H_5ONa
- 4) $CH_3CH_2CH_2CH_2Li$
- 5) $P(C_6H_5)_3$
- 6) $Al(C_2H_5)_3$

Вещество **А** является одним из металлоорганических соединений. Оно активно взаимодействует с водой, при этом выделяется бесцветный газ **Б**, образуется гелеобразный осадок **В**, и в растворе остается соль **Г**. В состав вещества **А** входит предельный углеводородный фрагмент и остаток, состоящий из атома металла и галогена. Массовая доля металла в соединении **В** составляет **41.37%**, тогда как в соединении **А** массовая доля металла – **27.12%**.

1. Из представленного списка выберите соединения, относящиеся к металлоорганическим. Укажите ВСЕ, которые Вы считаете верными, однако обратите внимание, что в случае, если не все верные ответы отмечены или отмечен неверный вариант, балл обнуляется.

- ☒ $Al(C_2H_5)_3$
- ☐ CH_3NHLi
- ☐ C_6H_5ONa
- ☒ $CH_3CH_2CH_2CH_2Li$
- ☐ $P(C_6H_5)_3$
- ☒ CH_3MgBr

Формула вычисления баллов: 0-8 1-0

8 баллов

Запишите химическую формулу **А**. Формулу запишите БЕЗ пробелов, знаков препинания и дополнительных символов, используйте только ЛАТИНСКИЕ символы (например, CH_3COOH)

Правильные ответы:

C_2H_5MgCl

CH_3CH_2MgCl

Формула вычисления баллов: 0-12 1-0

12 баллов

Решение задачи:

1) Исходя из определения, для металлоорганических соединений важна связь $M - C$, которая есть в соединениях CH_3MgBr , $CH_3CH_2CH_2CH_2Li$, $Al(C_2H_5)_3$.

2) Гелеобразный осадок **В** – вероятнее всего гидроксид металла. Предположим, что это металл из второй группы, в таком случае общая формула гидроксида будет $M(OH)_2$. Определим металл, составим уравнение:

$$\frac{M}{M + 2 \cdot 16 \text{ г/моль} + 2 \text{ г/моль}} = 0,4137,$$

отсюда $M = 24 \text{ г/моль}$, что соответствует магнию.

Определим состав **А**. Представим формулу как $RMgHal$, посчитаем молярную массу соединения:

$$\frac{24 \text{ г/моль}}{0,2712} = 88,5 \text{ г/моль},$$

молярная масса не целая, следовательно галоген – это хлор. Осталось определить, какой органический фрагмент содержит **А**.

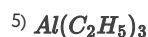
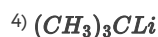
$$88,5 \text{ г/моль} - 35,5 \text{ г/моль} - 24 \text{ г/моль} = 29 \text{ г/моль},$$

в таком случае, $R = C_2H_5$. Формула **А** – C_2H_5MgCl .

За решение задачи **20 баллов**

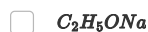
Металлоорганические соединения – это класс органических соединений, в которых атом металла непосредственно связан с атомом углерода органического фрагмента. Эти вещества играют большую роль в синтезе более сложных органических соединений. Их особенность заключается в том, что в связи с большой разницей электроотрицательности углерода и металла (как правило, лития или магния), на атоме углерода возникает частично отрицательный заряд.

Ниже представлен список некоторых органических веществ:



Вещество **А** является одним из металлоорганических соединений. Оно активно взаимодействует с водой, при этом выделяется бесцветный газ **Б**, образуется гелеобразный осадок **В**, и в растворе остается соль **Г**. В состав вещества **А** входит предельный углеводородный фрагмент и остаток, состоящий из атома металла и галогена. Массовая доля металла в соединении **В** составляет **41.37%**, тогда как в соединении **А** массовая доля металла – **23.41%**.

1. Из представленного списка выберите соединения, относящиеся к металлоорганическим. Укажите ВСЕ, которые Вы считаете верными, однако обратите внимание, что в случае, если не все верные ответы отмечены или отмечен неверный вариант, балл обнуляется.



Формула вычисления баллов: 0-8 1-0

8 баллов

Запишите химическую формулу **А**. Формулу запишите БЕЗ пробелов, знаков препинания и дополнительных символов, используйте только ЛАТИНСКИЕ символы (например, CH_3COOH)

Правильные ответы:



Формула вычисления баллов: 0-12 1-0

12 баллов

Решение задачи:

1) Исходя из определения, для металлоорганических соединений важна связь $M - C$, которая есть в соединениях CH_3MgI , $(CH_3)_3CLi$, $Al(C_2H_5)_3$

2) Гелеобразный осадок **B** – вероятнее всего гидроксид металла. Предположим, что это металл из второй группы, в таком случае общая формула гидроксида будет $M(OH)_2$. Определим металл, составим уравнение:

$$\frac{M}{M + 2 \cdot 16 \text{ г/моль} + 2 \text{ г/моль}} = 0,4137,$$

отсюда $M = 24 \text{ г/моль}$, что соответствует магнию.

Определим состав **A**. Представим формулу как $RMgHal$, посчитаем молярную массу соединения:

$$\frac{24 \text{ г/моль}}{0,2341} = 102,5 \text{ г/моль},$$

молярная масса не целая, следовательно галоген – это хлор. Осталось определить, какой органический фрагмент содержит **A**.

$$102,5 \text{ г/моль} - 35,5 \text{ г/моль} - 24 \text{ г/моль} = 43 \text{ г/моль},$$

в таком случае, $R = C_3H_7$. Формула **A** – C_3H_7MgCl .

За решение задачи **20 баллов**

Неизвестный порошок. Вариант №1

#1185976

Химик Колбочкин нашёл на полке в лаборатории банку с неизвестным мелкодисперсным порошком металла **X** и решил определить, что это за металл. Для этого он с помощью специального прибора установил, что удельная площадь поверхности данного порошка составляет **49,9** м²/г. Далее он установил, что плотность данного порошка составляет **12,02** г/см³. Старший коллега Колбочкина, аспирант Пробиркин, зная, что это за порошок, подсказал Колбочкину, что в одной частице данного порошка содержится **35600** атомов металла **X**.

Справочные данные: удельная площадь поверхности – это отношение площади поверхности частицы к массе частицы. Площадь поверхности сферы рассчитывается по формуле $S = 4\pi r^2$.

Считая, что порошок содержит одинаковые сферические частицы, рассчитайте радиус наночастиц порошка. Ответ дайте в нанометрах и округлите до целого. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов), быть не должно. Пример: 3

Правильный ответ:

Формула вычисления баллов: 0-10 1-0

10 баллов

Определите металл **X**. В ответ запишите химический символ элемента. Например: Na

Правильный ответ:

Формула вычисления баллов: 0-10 1-0

10 баллов

Решение задачи:

1) По определению удельной площади поверхности:

$$S_{\text{уд}} = \frac{S_{\text{пов}}}{m} = \frac{4\pi r^2}{\rho \cdot \frac{4\pi}{3} r^3} \text{ (частицы сферические)} = \frac{3}{\rho r} \Rightarrow$$

$$r = \frac{3}{\rho S_{\text{уд}}} = \frac{3}{12,02 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 49,9 \frac{\text{м}^2}{\text{г}}} = \frac{3}{12020 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 49900 \frac{\text{м}^2}{\text{кг}}} = 5 \text{ нм.}$$

2) Известно, что $n = \frac{N}{N_A}$;

$$m = nM = \frac{MN}{N_A} = \rho \cdot \frac{4\pi}{3} r^3 \Rightarrow$$

$$M = \frac{4\pi r^3 N_A}{3N} = \frac{4\pi \cdot (5 \cdot 10^{-9} \text{ м})^3 \cdot 12020 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} (\text{моль})^{-1}}{3 \cdot 35600} =$$

$$= 0,10642 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = 106,42 \frac{\text{г}}{\text{моль}} - \text{данная молярная масса соответствует палладию (Pd)}.$$

За решение задачи 20 баллов

Неизвестный порошок. Вариант №2

#1185978

Химик Колбочкин нашёл на полке в лаборатории банку с неизвестным мелкодисперсным порошком металла **X** и решил определить, что это за металл. Для этого он с помощью специального прибора установил, что удельная площадь поверхности данного порошка составляет **38,86** м²/г. Далее он установил, что плотность данного порошка составляет **19,3** г/см³. Старший коллега Колбочкина, аспирант Пробиркин, зная, что это за порошок, подсказал Колбочкину, что в одной частице данного порошка содержится **15800** атомов металла **X**.

Справочные данные: удельная площадь поверхности – это отношение площади поверхности частицы к массе частицы. Площадь поверхности сферы рассчитывается по формуле $S = 4\pi r^2$.

Считая, что порошок содержит одинаковые сферические частицы, рассчитайте радиус наночастиц порошка. Ответ дайте в нанометрах и округлите до целого. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов), быть не должно. Пример: 3

Правильный ответ:

Формула вычисления баллов: 0-10 1-0

10 баллов

Определите металл **X**. В ответ запишите химический символ элемента. Например: Na

Правильный ответ:

Формула вычисления баллов: 0-10 1-0

10 баллов

Решение задачи:

1) По определению удельной площади поверхности:

$$S_{\text{уд}} = \frac{S_{\text{пов}}}{m} = \frac{4\pi r^2}{\rho \cdot \frac{4\pi}{3} r^3} \text{ (частицы сферические)} = \frac{3}{\rho r} \Rightarrow$$

$$r = \frac{3}{\rho S_{\text{уд}}} = \frac{3}{19,3 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 38,86 \frac{\text{м}^2}{\text{г}}} = \frac{3}{19300 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 38860 \frac{\text{м}^2}{\text{кг}}} = 4 \text{ нм.}$$

2) Известно, что $n = \frac{N}{N_A}$;

$$m = nM = \frac{MN}{N_A} = \rho \cdot \frac{4\pi}{3} r^3 \Rightarrow$$

$$M = \frac{4\pi r^3 \rho N_A}{3N} = \frac{4\pi \cdot (4 \cdot 10^{-9} \text{ м})^3 \cdot 19300 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} (\text{моль})^{-1}}{3 \cdot 15800} =$$

$$= 0,197 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = 197 \frac{\text{г}}{\text{моль}} - \text{данная молярная масса соответствует золоту (Au)}.$$

За решение задачи 20 баллов

В качестве ответа вводите целое число. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов), быть не должно. Пример: 3

Гетерополисоединения — это кислородсодержащие комплексы переходных металлов, содержащие гетероатомы в составе центрального аниона. Наиболее устойчивой и широко изученной формой таких соединений является структура Кеггина, имеющая общую формулу: $[X\text{M}_{12}\text{O}_{40}]^{n-}$, где **X** — гетероатом, а **M** — атом переходного металла в высокой степени окисления.

Аммонийная соль **A** является дигидратом. Она кристаллизуется в структуре Кеггина и является продуктом качественной реакции на фосфат анион, причём содержание фосфора в **A** равно **1,6205%**. Для проведения реакции раствор подкисляют азотной кислотой. Получают **A** из аммонийной соли **B**, в которой $\omega(\text{M}) = 57,732\%$, а $\omega(\text{O}) = 32,989\%$, а атомная доля **M** составляет $\frac{7}{61}$.

Определите металл **M**. В ответ запишите молярную массу металла в г/моль, округлив её до целых.

Правильный ответ:

96

Формула вычисления баллов: 0-10 1-0

10 баллов

Запишите реакцию образования вещества **A** из **B**, если в качестве носителя фосфат-ионов выступает ортофосфорная кислота. В ответ запишите сумму минимальных целочисленных коэффициентов перед веществами.

Правильный ответ:

150

Формула вычисления баллов: 0-10 1-0

10 баллов

Решение задачи:

1) Очевидно, что гетероатом, входящий в состав это P^{+5} . Тогда соль **A** имеет общий вид:



Отсюда получаем, что молекулярная масса вещества равна:

$$\frac{31}{0,016205} = 1913 \text{ г/моль.}$$

Молекулярная масса металла **M** равна:

$$\frac{1913 - 31 - 18 \cdot 3 - 16 \cdot 40 - 2 \cdot 18}{12} = 96.$$

Предварительно также необходимо было провести подбор относительно **n**, в результате которого точно определялся молибден при **n = 3**. Следовательно, **M – Mo**.

2) Прежде чем записать уравнение реакции, необходимо определить вещество **B**, для начала найдём процентное массовое содержание катиона аммония в нём:

$$100\% - 57,7320\% - 32,9890\% = 9,2790\%$$

Далее определим соотношение $NH_4 : Mo : O$ на основе данных задачи, получим:

$$\frac{57,7320}{96} : \frac{32,9890}{16} : \frac{9,279}{18},$$

$$0,6 : 2,06 : 0,52,$$

$$1,15 : 3,96 : 1.$$

Учитывая, что атомная доля молибдена равна $\frac{7}{61}$, получаем, что **B** – $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$.



$$\text{Суммарно: } 7 + 12 + 51 + 7 + 51 + 22 = 150.$$

За решение задачи **20 баллов**

Гетерополиисоединения. Вариант №2

#1185983

В качестве ответа вводите целое число. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов), быть не должно. Пример: 3

Гетерополиисоединения — это кислородсодержащие комплексы переходных металлов, содержащие гетероатомы в составе центрального аниона. Катион гетероатома находится в центре октаэдра из атомов кислорода, что позволяет стабилизировать неустойчивые степени окисления.

Это свойство даёт возможность синтезировать аммонийную соль **A**, анион которой структурно отвечает формуле $[\text{X}\text{M}_9\text{O}_{32}]^{n-}$, где **X** — гетероатом в неустойчивой степени окисления, а **M** — атом переходного металла в высокой степени окисления. **A** является продуктом окислительно-восстановительной реакции аммонийной соли **B**, в которой $\omega(\text{M}) = 57,7320\%$, а $\omega(\text{O}) = 32,9890\%$, а атомная доля **M** составляет $\frac{7}{61}$ с сульфатом **X** ($\omega(\text{X}) = 37,9403\%$) и перекисью водорода, причем массовое содержание **X** в **A** равно **3,8044%**. В соединении **A** металл **X** имеет степень окисления **+4**, а с реактивом Чугаева даёт красный окрас. Металл **M** входит в **6** группу по длиннопериодной таблице Менделеева.

Определите металл **X**. В ответ запишите молярную массу металла в г/моль, округлив её до целых.

Правильный ответ:

59

Формула вычисления баллов: 0-10 1-0

10 баллов

Запишите реакцию образования вещества **A**, при условии, что окислителем выступает пероксид водорода. В ответ запишите сумму всех коэффициентов перед веществами.

Правильный ответ:

43

Формула вычисления баллов: 0-10 1-0

10 баллов

Решение задачи:

1) Прежде всего определим элемент X . Сделать это просто:

$$M(X) = 961 - 0,379403 - 96 = 58,69 \text{ г/моль.}$$

Это значение точно соответствует молярной массе никеля. Таким образом, $X - Ni$. Тогда в общем виде формулу аммонийной соли A можно записать, как



Отсюда получаем, что молекулярная масса вещества равна:

$$\frac{58,69}{0,038044} = 1542,69 \text{ г/моль.}$$

Молекулярная масса металла M равна:

$$\frac{1542,69 - 18 \cdot 6 - 58,69 - 16 \cdot 32}{9} = 96 \text{ г/моль.}$$

Предварительно также необходимо было провести подбор относительно n , в результате которого точно определялся молибден при $n = 6$. Следовательно, $M - Mo$.

2) Прежде чем записать уравнение реакции, необходимо определить вещество B , для начала найдём процентное массовое содержание катиона аммония в нём:

$$100\% - 57,7320\% - 32,9890\% = 9,2790\%$$

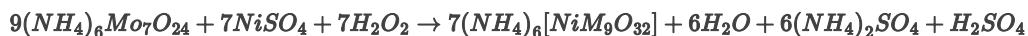
Далее определим соотношение $NH_4^+ : Mo : O$ на основе данных задачи, получим:

$$\frac{57,7320}{96} : \frac{32,9890}{16} : \frac{9,279}{18},$$

$$0,6 : 2,06 : 0,52,$$

$$1,15 : 3,96 : 1.$$

Учитывая, что атомная доля молибдена равна $\frac{7}{61}$, получаем, что $B - (NH_4)_6 Mo_7 O_{24}$.



$$\text{Суммарно: } 9 + 7 + 7 + 7 + 6 + 6 + 1 = 43.$$

За решение задачи **20 баллов**