

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
2023 – 2024 учебный год
Химия, 7 - 8 класс
Задания теоретического тура (40 баллов)**

Уважаемые участники олимпиады! Прежде всего, внимательно ознакомьтесь с условиями всех задач и решайте их в любом порядке по мере возрастания их сложности, начиная с самой простой, на Ваш взгляд, задачи. **Желательно, но не обязательно решать все задачи. Выбирайте те, что вам по силам!** Помните, что в каждой задаче оцениваются все разумные промежуточные результаты, ведущие к правильному ее решению. Желательно, чтобы каждый этап решения и вычислительный прием имели словесное обоснование.

1 Атмосфера одной из планет состоит на 60 % из метана и на 40 % из азота. Приведите три примера газа, которые можно использовать для заполнения аэростата на этой планете? Ответ подтвердите расчётами. **(6 баллов)**

2 Масса одной молекулы простого вещества равна $7,9708 \cdot 10^{-23}$ г. Определите формулу вещества. Как оно называется, как его можно получить и как оно образуется в природе, какие его свойства вам известны? **(5 баллов)**

3 Главная роль металла «А» в нашем организме определяется тем, что он входит в состав гемоглобина, который отвечает в крови за перенос молекул кислорода от легких к тканям организма, и входит в состав десятков важных ферментов, тем самым выполняя множество важных функций. Дефицит этого металла в организме может привести к развитию серьезных заболеваний.

В 100 г яблок содержится 2,8 мг элемента «А».

- 1 О каком металле идет речь и в какой форме он присутствует в молекуле гемоглобина?
- 2 Рассчитайте число атомов этого элемента в яблоке массой 200 г.
- 3 Сколько яблок массой 200 г каждое, надо съесть человеку, чтобы в организм попало $3,01 \cdot 10^{20}$ атомов этого элемента?

(10 баллов)

4 Самый тяжелый при комнатной температуре газ состоит всего из двух элементов. Его молекула имеет относительную молекулярную массу 298 а.е.м. и включает 7 атомов. Атомная масса более тяжелого элемента составляет 61,7 % от молярной массы газа. Установите формулу газа. **(5 баллов)**

5 Жидкий азот – это бесцветная жидкость, применяемая в технике и на производстве для глубокого охлаждения (его температура кипения: $-195,75$ °С, плотность при этой температуре: 0.808 г/мл). Его получают путём сжижения воздуха и дальнейшей перегонки полученной жидкости, содержащей азот, кислород, аргон. Рассчитайте, какой объем воздуха (при нормальных условиях) необходим для получения из него 10 литров жидкого азота. **(7 баллов)**

6 **Экспериментальная задача.** Дана смесь трех веществ – речного песка и кристаллов хлорида натрия и хлорида бария. Как химическим путем выделить из этой смеси индивидуальные компоненты в твердом виде? Составьте и обоснуйте схему разделения, запишите уравнения реакций, проведите разделение. **(7 баллов)**

Решения задач и система оценивания – 7 - 8 класс (2023 г)

Задача № 1

Согласно закону Архимеда аэростат взлетит в атмосфере данной планеты, если молярная масса газа внутри него будет меньше средней молярной массы атмосферы:

$$M(\text{газа}) < M(\text{атмосферы планеты}).$$

Рассчитаем среднюю молярную массу атмосферы планеты:

$$M(\text{атмосферы планеты}) = \varphi(\text{CH}_4) \cdot M(\text{CH}_4) + \varphi(\text{N}_2) \cdot M(\text{N}_2) = 0.6 \cdot 16 + 0.4 \cdot 28 = 20.8 \text{ г/моль}.$$

Таким образом, аэростат можно заполнить, например, следующими газами или их смесями:

$$\text{H}_2 (2 \text{ г/моль}); \text{He} (4 \text{ г/моль}); \text{CH}_4 (16 \text{ г/моль}).$$

Система оценивания: расчёт $M(\text{атмосферы})$ – 2 балла; вывод о том, что $M(\text{газа})$ должна быть меньше $M(\text{атмосферы планеты})$ – 1 балл; примеры газов – 3 балла (по одному за каждый пример).

Задача № 2

1) Молекула простого вещества состоит из одного или нескольких атомов одного элемента и имеет формулу X_n , где $n = 1, 2, 3, \dots$ – целое число. Найдём молярную массу этого вещества: $M(X_n) = m_0(\text{молекулы } X_n) \cdot N_A = 7,9708 \cdot 10^{-23} \text{ г} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль} = 48 \text{ г/моль}$. Таким образом, молярная масса элемента $M(X) = M(X_n) / n = 48 / n$; методом перебора n находим, что при $n = 3$ величина $M(X) = 16 \text{ г/моль}$ – это кислород, а простое вещество озон O_3 .

2) Озон – это аллотропная модификация кислорода.

В природе образование озона $3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}_3$ происходит под действием грозových электрических разрядов и ультрафиолетового излучения в верхних слоях атмосферы; в технике и в лаборатории его получают действием электрического разряда на кислород или воздух, следы озона образуются при работе «кварцевых» ртутных ламп (кварцевание). Озон – токсичный газ, сильнейший окислитель, он является компонентом фотохимического смога. Полезные свойства – озоновый слой в атмосфере Земли защищает живые существа от воздействия жесткого ультрафиолетового излучения Солнца, примеси озона в воздухе помещений используют для их дезинфекции (кварцевание помещений в больницах и поликлиниках), озон используют для обеззараживания питьевой воды и воды в бассейнах.

Система оценивания: определение простого вещества – озона – 2 балла; получение и свойства озона – 3 балла.

Задача № 3

Речь идет о железе, которое в молекуле гемоглобина присутствует в форме катиона Fe^{2+} .

Рассчитаем число атомов железа в 200 г яблок:

$$N(\text{Fe} / 200 \text{ г}) = 2 N(\text{Fe} / 100 \text{ г}) = 2 n(\text{Fe} / 100 \text{ г}) \cdot N_A = 2 (2,8 \cdot 10^{-3} \text{ г} / 56 \text{ г/моль}) \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 6,022 \cdot 10^{19} \text{ атомов}.$$

Определим число яблок массой 200 г, в которых содержится $3,01 \cdot 10^{20}$ атомов железа:
Число яблок = $(3,01 \cdot 10^{20} \text{ атомов Fe}) / (6,022 \cdot 10^{19} \text{ атомов Fe}) = 5$ яблок.

Система оценивания: определение металла и его формы – 2 балла; расчёт числа атомов железа в яблоке массой 200 г. – 4 балла; расчёт количества яблок – 4 балла.

Задача № 4

Обозначим формулу искомого газа A_xB_y , причем $x + y = 7$.

Относительная молекулярная масса газа численно совпадает с его молярной массой и $M(A_xB_y) = 298$ г/моль. По условию задачи атомная масса элемента А равна $298 \cdot 0,617 = 183,87$ г/моль ≈ 184 г/моль – это вольфрам W. Ясно, что его индекс в формуле равен $x = 1$, поскольку при $x = 2$ и более будет превышение молярной массы газа.

Отсюда $y = 7 - 1 = 6$ и формула газа WB_6 .

Найдем атомную массу элемента В: $M(B) = (M(WB_6) - M(W)) / 6 = (298 - 184) / 6 = 19$ г/моль – это фтор. Искомый газ WF_6 .

Система оценивания: определение тяжелого элемента и его индекса в формуле – 2,5 балла, определение второго элемента и его индекса – 2,5 балла.

Задача № 5

Рассчитаем массу 10 литров жидкого азота: $m = 10000 \text{ мл} \cdot 0,808 \text{ г/мл} = 8080$ г.

Азот, как простое вещество, существует в форме двухатомной молекулы N_2 , его молярная масса равна $14 \cdot 2 = 28$ г/моль, тогда количество вещества в 10 литрах жидкого азота $n = 8080/28 = 288,6$ моль. При нормальных условиях такое количество вещества газообразного азота займет объём:

$$V = 288,6 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 6465 \text{ л.}$$

Учитывая, что воздух содержит 78 % азота по объему, то объем воздуха, необходимый для получения 10 литров жидкого азота равен: $V_{\text{возд}} = 6465/0,78 \approx 8300$ л. (Верным ответом считается интервал 8080–8300 л, отвечающий содержанию азота в воздухе 78–80 %.).

Система оценивания: упоминание о двухатомном строении молекулы (в том числе использование молярной массы, соответствующей молекуле N_2) – 1 балл;

расчёт массы 10 литров жидкого азота – 1 балл;

расчёт количества вещества в 10 литрах жидкого азота – 2 балла;

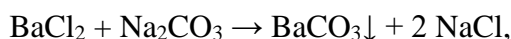
расчёт объёма газа – 1 балл;

расчёт объёма воздуха – 2 балла.

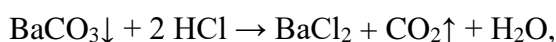
Задача № 6

Разделение смеси речного песка и кристаллов хлорида натрия и хлорида бария:

- 1) смесь обрабатываем водой – соли растворяются, а осадок речного песка отфильтровываем;
- 2) фильтрат обрабатываем избытком раствора карбоната натрия – все ионы Ba^{2+} осаждаем:

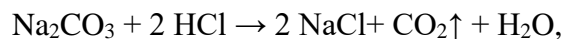


осадок отфильтровываем и растворяем в избытке соляной кислоты:



далее раствор упариваем и из него удаляются вода и остатки хлороводорода;

3) фильтрат, полученный после отделения осадка BaCO_3 и содержащий растворенные NaCl и остаток Na_2CO_3 , обрабатываем избытком соляной кислоты и удаляем соду:



полученный раствор упариваем и из него удаляются вода и остатки хлороводорода.

Система оценивания: обработка смеси водой – 1 балл; обработка фильтрата избытком раствора Na_2CO_3 с последующей обработкой BaCO_3 раствором HCl и два уравнения реакций - 3 балла; выделение соли NaCl и уравнение реакции – 3 балла.

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников

2023 – 2024 учебный год

Химия, 9 класс

Задания теоретического тура (40 баллов)

Уважаемые участники олимпиады! Прежде всего, внимательно ознакомьтесь с условиями всех задач и решайте их в любом порядке по мере возрастания их сложности, начиная с самой простой, на Ваш взгляд, задачи. **Желательно, но не обязательно решать все задачи. Выбирайте те, что вам по силам!** Помните, что в каждой задаче оцениваются все разумные промежуточные результаты, ведущие к правильному ее решению. Желательно, чтобы каждый этап решения и вычислительный прием имели словесное обоснование.

1 При растворении в воде некоторого газа образовался 44,26 % -ный водный раствор одноосновной бескислородной кислоты, в которой число атомов водорода в 2,176 раза больше числа атомов кислорода. Определите формулу кислоты. Напишите два уравнения качественных реакций, подтверждающих присутствие упомянутой кислоты в растворе. Какой объём газа (н.у.) должен быть растворен в 1 л воды, чтобы получился упомянутый выше раствор? **(7 баллов)**

2 Разделите химическим способом смесь газов, состоящую из оксида углерода (IV), аммиака и азота на индивидуальные компоненты. Запишите уравнения соответствующих реакций. **(6 баллов)**

3 Смесь газов хлора и хлороводорода объёмом 22.4 л (н.у.) пропустили через нагретые железные опилки. При этом оба газа полностью вступили в реакцию с железом, и масса опилок увеличилась на 42,6 г. Определите массовые доли газов в смеси и запишите уравнения возможных реакций. **(6 баллов)**

4 Найдите состав образца (в массовых долях) давно хранившейся на воздухе гашеной извести, если при обработке двух граммов его избытком соляной кислоты получается такое количество CO_2 , которое даёт привес поглотителя с известковой водой 0,6 г. Какая примесь образуется при хранении извести? Запишите уравнения реакций. **(10 баллов)**

5 Самый тяжелый при комнатной температуре газ состоит всего из двух элементов. Его молекула имеет относительную молекулярную массу 298 а.е.м. и включает 7 атомов. Атомная масса более тяжелого элемента составляет 61,7 % от молярной массы газа. Установите формулу газа. **(5 баллов)**

6 В результате полного сжигания в атмосфере хлора смеси двух металлов, взятых в одинаковых количествах, образовалась смесь хлоридов (степень окисления каждого из металлов равна +2) с массой, превышающей массу исходной смеси в 1.802 раза. Какие металлы удовлетворяют данному условию, запишите уравнения реакций. **(6 баллов)**

Решения задач и система оценивания – 9 класс (2023 г)

Задача № 1

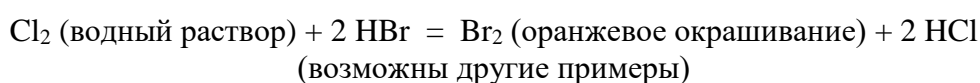
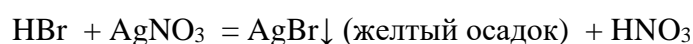
Обозначим формулу бескислородной одноосновной кислоты HX, а её молярную массу M г/моль. В 100 г указанного раствора содержится 44,26 г кислоты и $100 - 44,26 = 55,74$ г воды, тогда $n(\text{HX}) = 44,26 / M$ моль и $n(\text{H}_2\text{O}) = 55,74 / 18 = 3,10$ моль.

Общее количество атомов водорода и кислорода в растворе будет равно:

$$n(\text{H}) = n(\text{HX}) + 2 n(\text{H}_2\text{O}) \quad \text{и} \quad n(\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}).$$

По условию задачи $n(\text{H}) = 2,176 n(\text{O})$ или $44,26 / M + 2 \cdot 3,10 = 2,176 \cdot 3,10$, откуда $M = 81$ г/моль – это бромоводородная кислота.

Качественные реакции на присутствие в растворе ионов Br^-



Определим массу газа, необходимую для приготовления раствора из определения (по условию масса растворителя 1000 г):

$$m(\text{HBr}) / (m(\text{HBr}) + 1000) = 0,4426, \text{ откуда } m(\text{HBr}) = 794 \text{ г} \\ \text{и } V(\text{HBr}) = (794 / 81) \cdot 22,4 = 219,6 \text{ л}$$

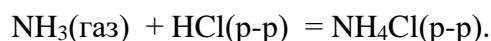
Возможен более общий подход к началу решения. Возьмем произвольно массу данного раствора равной m_0 , тогда в нем

$$m(\text{HX}) = 0,4426m_0 \quad \text{и} \quad n(\text{HX}) = 0,4426m_0 / M \\ m(\text{H}_2\text{O}) = 0,5574 m_0 \quad \text{и} \quad n(\text{H}_2\text{O}) = 0,5574 m_0 / 18 \quad \text{и т.д.}$$

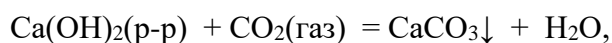
Система оценивания: определение формулы кислоты – 3 балла; уравнения реакций – 2 балла, определение объёма газа – 2 балла.

Задача № 2

Смесь газов CO_2 , NH_3 , N_2 пропускаем через раствор кислоты и отделяем аммиак в виде аммонийной соли:



Оставшуюся смесь пропускаем через известковую воду и отделяем углекислый газ в виде осадка карбоната кальция:

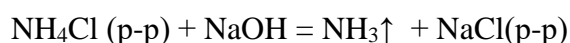


азот остается в чистом виде.

Выделение CO_2 : отделяем осадок CaCO_3 и действуем на него кислотой



Выделение NH_3 : к раствору хлорида аммония при нагревании добавляем раствор щелочи



Возможна другая последовательность разделения: известковая вода, кислота.

Система оценивания: методика разделения газов – 2 балла; уравнения реакций – 4 балла.

Задача № 3

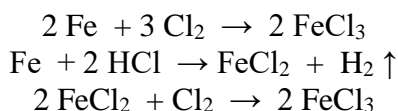
Обозначим количества газов в смеси – хлора x моль, а хлороводорода y моль, тогда по условию задачи $x + y = 22,4 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 1 \text{ моль}$.

Поскольку газы прореагировали полностью, то привес соответствует суммарной массе атомов хлора, связанным с железом, тогда $71x + 35,5y = 42,6 \text{ г}$ или $2x + y = 1,2 \text{ моль}$

Решая систему уравнений, находим: $x = 0,2 \text{ моль}$, $y = 0,8 \text{ моль}$.

Массовые доли газов в смеси: $\omega(\text{Cl}_2) = 71 \cdot 0,2 / (71 \cdot 0,2 + 36,5 \cdot 0,8) = 0,327 = 32,7 \%$
 $\omega(\text{HCl}) = 67,3 \%$.

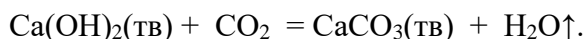
Уравнения возможных реакций:



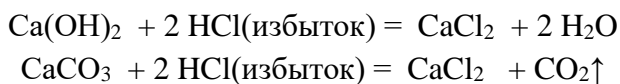
Система оценивания: определение состава смеси – 3 балла; уравнения реакций – 3 балла.

Задача № 4

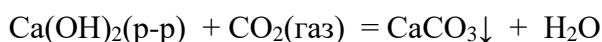
Гашеная известь – это белый порошок гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, который при хранении на воздухе поглощает из него углекислый газ с образованием карбоната кальция:



Таким образом, исследуемый образец содержит $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и примесь CaCO_3 и при его обработке избытком соляной кислоты протекают реакции:



Выделившейся углекислый газ поглощается известковой водой (водный раствор гидроксида кальция):



и привес поглотителя соответствует массе поглощенного углекислого газа в количестве $0,6 \text{ г} / 44 \text{ г/моль} = 0,0136 \text{ моль}$. Ясно, что образец содержал такое же количество карбоната кальция и его масса равна $0,0136 \cdot 100 \text{ г/моль} = 1,36 \text{ г}$.

Состав образца: $\omega(\text{CaCO}_3) = 1,36 \text{ г} / 2 \text{ г} = 0,68 = 68 \%$ и $\omega(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 32 \%$.

Система оценивания: формула гашеной извести и образование примеси – 3 балла; уравнения реакций – 4 балла; расчет состава образца – 3 балла.

Задача № 5

Обозначим формулу искомого газа AxBy , причем $x + y = 7$.

Относительная молекулярная масса газа численно совпадает с его молярной массой и $M(\text{AxBy}) = 298 \text{ г/моль}$. По условию задачи атомная масса элемента А равна $298 \cdot 0,617 =$

183,87 г/моль \approx 184 г/моль – это вольфрам W. Ясно, что его индекс в формуле равен $x = 1$, поскольку при $x = 2$ и более будет превышение молярной массы газа. Отсюда $y = 7 - 1 = 6$ и формула газа WB_6 .

Найдем атомную массу элемента В: $M(B) = (M(WB_6) - M(W)) / 6 = (298 - 184) / 6 = 19$ г/моль – это фтор. Искомый газ WF_6 .

Система оценивания: определение тяжелого элемента и его индекса в формуле – 2,5 балла, определение второго элемента и его индекса – 2,5 балла.

Задача № 6

При сжигании эквимольной смеси двух металлов А и В в атмосфере хлора образуется эквимольная смесь хлоридов этих металлов:



По условию задачи и уравнениям реакций $n(A) = n(B) = n(ACl_2) = n(BCl_2) = n$ моль, тогда

$$n [M(A) + M(B)] \cdot 1,802 = n [M(A) + 71 + M(B) + 71], \text{ откуда}$$

$$M(A) + M(B) = 142 / 0,802 = 177 \text{ г/моль.}$$

В реакциях с хлором металлы окисляются до высшей степени окисления и в нашем случае она равна +2. Методом подбора находим, что указанным условиям удовлетворяют кадмий (112 г/моль) и цинк (65 г/моль).

Система оценивания: определение взаимосвязи между молярными массами металлов – 3 балла, уравнения реакций – 1 балл; определение металлов – 2 балла.

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
2023 – 2024 учебный год
Химия, 10 класс
Задания теоретического тура (40 баллов)**

Уважаемые участники олимпиады! Прежде всего, внимательно ознакомьтесь с условиями всех задач и решайте их в любом порядке по мере возрастания их сложности, начиная с самой простой, на Ваш взгляд, задачи. **Желательно, но не обязательно решать все задачи. Выбирайте те, что вам по силам!** Помните, что в каждой задаче оцениваются все разумные промежуточные результаты, ведущие к правильному ее решению. Желательно, чтобы каждый этап решения и вычислительный прием имели словесное обоснование.

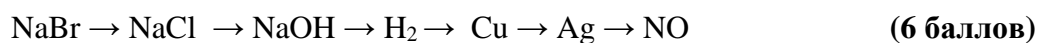
1 В некотором объеме воды растворили десятикратный объем неизвестного галогеноводорода (н.у.) и получили 5,4 % - ный раствор кислоты. Плотность воды равна 1000 г/л. Определите формулу газа, напишите два уравнения качественных реакций, подтверждающих присутствие упомянутой кислоты в растворе. **(5 баллов)**

2 Разделите химическим способом смесь газов, состоящую из оксида серы (IV), этилена и метана на индивидуальные компоненты. Запишите уравнения соответствующих реакций. **(6 баллов)**

3 Газообразный кислотный оксид А пропустили через водную суспензию (взвесь) малорастворимого вещества Б. Последнее растворилось. Раствор упарили, выпавший осадок прокалили и при этом получили вещества А и В, отношение молярных масс которых $M(B) / M(A) = 3,477$. На вещество В действовали избытком воды. При пропускании газа А через образовавшийся раствор выпадает осадок вещества Б. Определите вещества А, Б и В. Запишите уравнения упомянутых реакций. **(10 баллов)**

4 Смесь изомерных предельных спиртов массой 18 г нагрели при 180 °С с избытком концентрированной серной кислоты. Выделившейся при этом газ может вступить во взаимодействие с 6,72 л (н.у.) бромоводорода. Определите строение спиртов, запишите уравнения всех упомянутых реакций. Приведите структурную формулу соединения, изомерного исходным веществам, но не являющегося предельным спиртом. **(7 баллов)**

5 Запишите уравнения реакций, с помощью которых можно реализовать следующие превращения (каждая стрелка – одна реакция):



6 Кристаллогидрат соли некоторого металла состава $M(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ растворили в воде, а затем из раствора осадили гидроксид, который выделили и прокалили до образования оксида. Определите, какой металл входил в состав кристаллогидрата, если известно, что из 1,0 г исходного вещества образуется 0,159 г оксида. Запишите уравнения всех упомянутых реакций, какие особенности осаждения гидроксида этого металла.

(6 баллов)

Решения задач и система оценивания – 10 класс (2023 г)

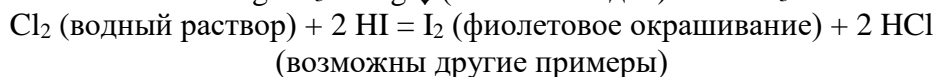
Задача № 1

Пусть в V литрах воды растворили $10V$ литров газообразного галогеноводорода HX , тогда в растворе масса растворителя равна $m(H_2O) = 1000V$, а масса растворенного вещества $m(HX) = (10V / 22,4) \cdot M(HX)$.

$$\frac{\left(10V \frac{\square}{22,4}\right) \cdot m(HX)}{\left(10V \frac{\square}{22,4}\right) \cdot M(HX) + 1000V}$$

По условию задачи $\square = 0,054$, откуда после сокращения на V , находим $M(HX) = 128$ г / моль – это йодоводород, HI .

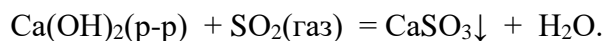
Качественные реакции на присутствие в растворе ионов I^-



Система оценивания: определение галогеноводорода – 3 балла; уравнения реакций – 2 балла.

Задача № 2

Смесь газов SO_2 , $CH_2=CH_2$, CH_4 пропускаем через известковую воду и отделяем сернистый газ в виде осадка сульфита кальция:



Оставшуюся смесь пропускаем через водный раствор брома и отделяем этилен в виде жидкого дибромэтана, который не смешивается с водой:



Выделение SO_2 : отделяем осадок $CaSO_3$ и действуем на него кислотой:



Выделение $CH_2=CH_2$: на дибромэтан (жидкость) подействуем порошкообразным цинком

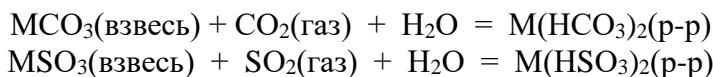


Система оценивания: методика разделения – 2 балла; уравнения реакций – 4 балла.

Задача № 3

Из общих соображений ясно, что газообразным кислотным оксидом A может быть углекислый CO_2 или сернистый SO_2 газ (оксиды азота не подходят – соли азотной кислоты хорошо растворимы). Карбонаты и сульфиты щелочноземельных металлов M (вещество B) малорастворимы и в водной среде образуют суспензии (взвеси), которые

можно растворить, если через них пропускать соответственно CO_2 или SO_2 , при этом образуются растворимые кислые соли:



При кипячении и упаривании растворов кислых солей происходит их разложение с образованием осадка (накипи) средних солей:



Прокаливание средних солей приводит к образованию двух оксидов:



где оксид MO – вещество В.

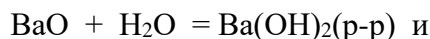
По условию задачи $\text{M}(\text{MO}) = 3,477 \text{ M}(\text{CO}_2)$ или $\text{M}(\text{MO}) = 3,477 \text{ M}(\text{SO}_2)$, тогда

а) $\text{M}(\text{MO}) = 3,477 \text{ M}(\text{CO}_2) = 3,477 \cdot 44 = 153$ г/моль и $\text{M}(\text{M}) = 153 - 16 = 137$ г/моль – это барий

б) $\text{M}(\text{MO}) = 3,477 \text{ M}(\text{SO}_2) = 3,477 \cdot 64 = 215,6$ г/моль и $\text{M}(\text{M}) = 215,6 - 16 = 199,6$ г/моль – это близко к ртути, но карбонат и сульфит ртути Hg^{2+} не могут быть получены в силу необратимого гидролиза.

Итак, вещество А – это CO_2 ; вещество Б – это BaCO_3 и вещество В – это BaO .

При действии избытком воды на оксид бария образуется раствор гидроксида бария и при пропускании через него углекислого газа (в недостатке) образуется осадок карбоната бария:

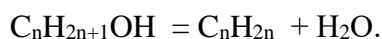


Система оценивания: выбор вариантов кислотных оксидов – 2 балла; уравнения реакций с комментариями – 5 баллов; определение веществ – 3 балла.

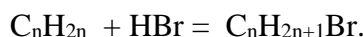
Задача № 4

Изомерные предельные спирты имеют одинаковую брутто-формулу $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$ и одинаковую молярную массу $\text{M} = 12n + 2n + 1 + 17 = 14n + 18$ г/моль.

При нагревании смеси спиртов с концентрированным раствором серной кислоты протекает реакция дегидратации с образованием газообразных (по условию задачи) алкенов



Образовавшиеся алкены присоединяют бромоводород по двойной связи:



Согласно уравнениям реакций $n(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}) = n(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = n(\text{HBr}) = 6,72 / 22,4 = 0,3$ моль, тогда молярная масса спиртов равна $\text{M} = 18 \text{ г} / 0,3 \text{ моль} = 60$ г/моль, а индексы в брутто-формуле $14n + 18 = 60$ и $n = 3$.

Итак, брутто-формула спиртов $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ и ей соответствует два изомера $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--OH}$ – пропанол-1 и $\text{CH}_3\text{--CH}(\text{OH})\text{--CH}_3$ – изопропанол (пропанол-2)

Межклассовым изомером этих спиртов является простой эфир $\text{CH}_3\text{--O--CH}_2\text{--CH}_3$.

Система оценивания: уравнения реакций – 2 балла; определение брутто-формулы спиртов – 2 балла; три структурные формулы и названия 3 балла.

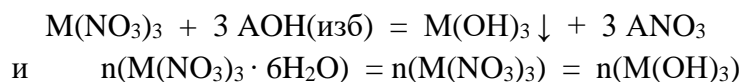
Задача № 5

- 1) $2 \text{NaBr (p-p)} + \text{Cl}_2(\text{газ}) \rightarrow 2 \text{NaCl (p-p)} + \text{Br}_2 \text{ (p-p)}$
- 2) Электролиз раствора хлорида натрия
 $2 \text{NaCl (p-p)} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow + 2 \text{NaOH (p-p)}$
- 3) $2 \text{Al} + 2 \text{NaOH (конц.p-p)} + 6 \text{H}_2\text{O (гор.)} \rightarrow 2 \text{Na[Al(OH)}_4] + 3\text{H}_2 \uparrow$
- 4) $\text{CuO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Cu} + \text{H}_2\text{O} \uparrow$ (при нагревании)
- 5) $\text{Cu} + 2 \text{AgNO}_3 \text{ (p-p)} \rightarrow 2 \text{Ag} + \text{Cu(NO}_3)_2 \text{ (p-p)}$
- 6) $3 \text{Ag} + 4 \text{HNO}_3 \text{ (разб.p-p)} \rightarrow 3 \text{AgNO}_3 + \text{NO} \uparrow + 2 \text{H}_2\text{O}$

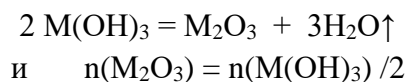
Система оценивания: уравнения реакций – 6 баллов.

Задача № 6

При растворении кристаллогидрата $\text{M(NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ образуется раствор нитрата металла (III), из которого раствором основания АОН осаждают гидроксид металла(III):



При прокаливании гидроксида протекает реакция:

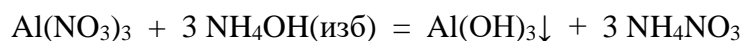


Таким образом,

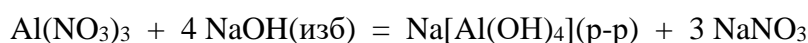
$$n(\text{M}_2\text{O}_3) = n(\text{M(NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) / 2 \quad \text{или}$$
$$0, \frac{159}{2\text{M} + 48} = \frac{1}{2(\text{M} + 3 \cdot 62 + 6 \cdot 18)}, \quad \text{откуда легко находим } \text{M} = 27 \text{ г/моль} -$$

это алюминий.

Особенность осаждения гидроксида алюминия из растворов его солей – нужно использовать раствор аммиака (гидроксида аммония) – слабого основания:



Если же использовать растворы щелочей (NaOH, KOH, ...), то можно потерять осадок в силу амфотерности гидроксида алюминия:



Система оценивания: уравнения реакций – 2 балла, определение металла – 2 балла; особенности осаждения гидроксида алюминия – 2 балла.

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников

2023 – 2024 учебный год

Химия, 11 класс

Задания теоретического тура (40 баллов)

Уважаемые участники олимпиады! Прежде всего, внимательно ознакомьтесь с условиями всех задач и решайте их в любом порядке по мере возрастания их сложности, начиная с самой простой, на Ваш взгляд, задачи. **Желательно, но не обязательно решать все задачи. Выбирайте те, что вам по силам!** Помните, что в каждой задаче оцениваются все разумные промежуточные результаты, ведущие к правильному ее решению. Желательно, чтобы каждый этап решения и вычислительный прием имели словесное обоснование.

1 При действии гидроксида кальция на раствор соли «А» образуется осадок «В», а при действии хлорида кальция на раствор соли «А» ничего не происходит. Сильные кислоты растворяют вещество «А» с выделением газа «С», который обесцвечивает раствор перманганата калия. Определите вещества «А», «В» и «С». Запишите уравнения всех упомянутых реакций. **(8 баллов)**

2 Как химическим путем из смеси меди, железа, цинка и золота выделить индивидуальные простые вещества в чистом виде? Запишите соответствующие уравнения реакций. **(8 баллов)**

3 Имеется газообразная смесь этана, этилена и ацетилена. Как химическим путем из смеси выделить каждое соединение в чистом виде? Запишите уравнения соответствующих реакций.

(6 баллов)

4 Оксид углерода (II) смешали с водородом в молярном соотношении 1 : 4 при давлении 10 МПа и температуре 327 °С в замкнутом реакторе, предназначенном для синтеза метанола. После установления химического равновесия давление газов в реакторе при неизменной температуре уменьшилось на 10 %. Определите объёмную (молярную) долю паров метанола в равновесной смеси и процент превращения оксида углерода (II) в метанол.

(5 баллов)

5 Определите строение вещества А, имеющего формулу $C_6H_{12}O_2$, которое взаимодействует с водным раствором щелочи при нагревании с образованием двух соединений – В и С. Соединение В взаимодействует с минеральной кислотой с получением вещества, выделяющего газ при взаимодействии с раствором пищевой соды. Соединение С содержит атомов углерода в два раза меньше, чем соединение В, и взаимодействует с натрием с образованием газа. Запишите уравнения упомянутых реакций.

(5 баллов)

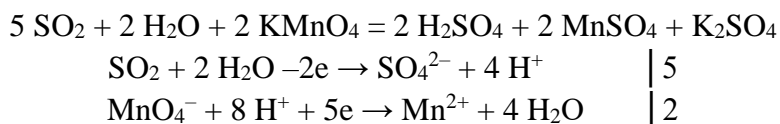
6 При сгорании 1 г легкокипящего углеводорода выделяется 1,06 г воды, а при его гидратации в присутствии минеральной кислоты образуется диэтилкетон. В результате окисления углеводорода дихроматом калия в разбавленном растворе серной кислоты получается уксусная кислота и углекислый газ. Плотность углеводорода по водороду 34. Определите формулу углеводорода, напишите его структурную формулу и полные уравнения описанных реакций. К каким рядам углеводородов относятся изомеры этому соединению вещества, приведите по одному примеру и назовите их.

(8 баллов)

Решения задач и система оценивания – 11 класс (2022 г)

Задача № 1

При действии сильных кислот на раствор соли выделение газообразных продуктов происходит, если речь идет о солях угольной, сернистой и сероводородной кислот – здесь выделяются CO_2 , SO_2 или H_2S соответственно. По условию задачи выделяющийся газ обесцвечивает раствор перманганата калия и это могут быть сернистый газ или сероводород. Возьмем, например, сернистый газ (вещество С):



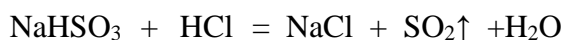
Таким образом, вещества А и В – соли сернистой кислоты, которые могут быть кислыми и средними. С гидроксидом кальция может реагировать только кислая соль, например, гидросульфит натрия – вещество А (реакция нейтрализации):



где осадок сульфита кальция – вещество В.

При действии раствора хлорида кальция на раствор гидросульфита натрия реакции ионного обмена нет, поскольку соль $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ растворима.

Сильные кислоты растворяют NaHSO_3 (вещество А) с выделением газа SO_2 (вещество С):

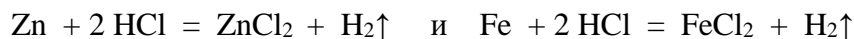


Заметим, что если принять, что газ С – это сероводород, то по аналогии соль А – это гидросульфид натрия NaHS , то соли CaS не существует!

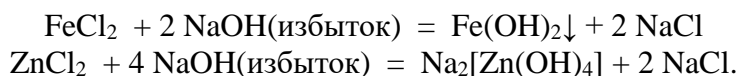
Система оценивания: возможные варианты солей – 1 балл; выбор газов, обесцвечивающих раствор марганцовки – 1 балл; выбор веществ А, В и С и комментарии к реакциям нейтрализации и ионного обмена – 2 балла, уравнения реакций – 3 балла; отвод сероводорода – 1 балл.

Задача № 2

1) Железо и цинк отделяем от меди и золота раствором соляной кислоты, в которой два первых металла растворяются:



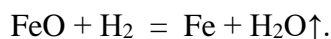
Далее на раствор солей и остаток соляной кислоты подействуем избытком щелочи, при этом образуется осадок гидроксида железа(II), а образовавшийся осадок гидроксида цинка растворится в силу амфотерности этого соединения:



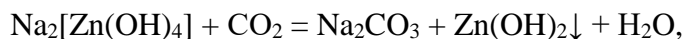
Отделяем осадок $\text{Fe}(\text{OH})_2$ и прокаливаем его



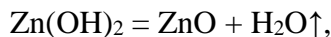
образовавшийся оксид восстанавливаем при нагревании в токе водорода



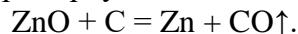
Через раствор, содержащий $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$, пропускаем ток углекислого газа (аккуратное подкисление раствора) и при этом образуется осадок гидроксида цинка



Далее отделяем осадок и прокаливаем его:



оксид цинка восстанавливаем, например, углем:



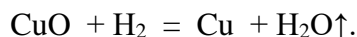
2) Смесь меди и золота обрабатываем концентрированным раствором азотной кислоты, в котором медь растворяется, а золото нет – отделяем золото.



Раствор нитрата меди упариваем и соль прокаливаем:



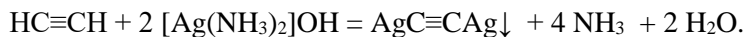
а образовавшийся оксид меди восстанавливаем при нагревании в токе водорода:



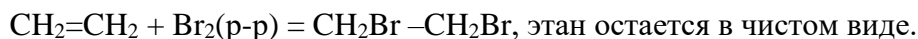
Система оценивания: обоснование методики разделения – 2 балла; уравнения реакций – $0,5 \times 12 = 6$ баллов.

Задача № 3

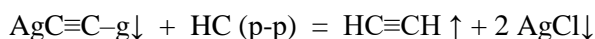
Газообразную смесь этана, этилена и ацетилена пропускаем через аммиачный раствор оксида серебра и отделяем ацетилен в виде белого осадка ацетиленида серебра:



Оставшуюся смесь пропускаем через водный раствор брома и отделяем этилен в виде жидкого дибромэтана, который не смешивается с водой:



Выделение ацетилена: осадок $\text{AgC}\equiv\text{CAg}\downarrow$ обрабатываем соляной кислотой:



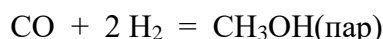
Выделение $\text{CH}_2=\text{CH}_2$: на дибромэтан (жидкость) подействуем порошкообразным цинком



Система оценивания: методика разделения – 2 балла; уравнения реакций – 4 балла.

Задача № 4

Реакция синтеза метанола – пусть для синтеза взяли 1 моль угарного газа и 4 моль водорода:



Начало | 1 моль 4 моль –

Пусть к моменту установления химического равновесия образовалось x моль паров метанола (очевидно, что температура в реакторе выше температуры кипения метанола), тогда в равновесной смеси будет:

Равновесие | (1- x) (4-2 x) x
 моль моль моль

Далее воспользуемся уравнением Менделеева-Клапейрона $pV = nRT$, где p – давление в реакторе, а n – суммарное число молей газообразных веществ в реакторе. По условию задачи величины V (объем реактора) и T – постоянны.

Начальное состояние: давление p_1 и $n_1 = 1 + 4 = 5$ моль.

Равновесие: $p_2 = p_1 - 0,1p_1 = 0,9p_1$ и $n_2 = (1-x) + (4-2x) + x = 5 - 2x$ моль.

Записав уравнение М-К для двух состояний и поделив одно на другое получаем

$$p_1 / p_2 = n_1 / n_2 \text{ или } p_1 / 0,9 p_1 = 5 / (5 - 2x), \text{ откуда } x = 0,25 \text{ моль.}$$

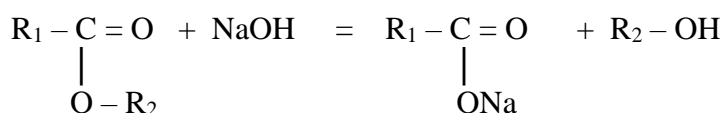
В газовой смеси объемная доля данного газа равна его мольной доле. Общее количество газов в равновесной смеси равно $n_2 = 5 - 2x = 4,5$ моль, тогда мольная доля паров метанола в смеси равна $0,25 / 4,5 = 0,056 = 5,6 \%$.

Степень превращения $\text{CO} = (\text{количество прореагировавшего CO}) / (\text{начальное количество CO}) = 0,25 / 1 = 0,25 = 25 \%$.

Система оценивания: уравнение реакции – 1 балл; расчет равновесного выхода паров метанола – 3 балла; расчет мольной доли и степени превращения – 1 балл.

Задача № 5

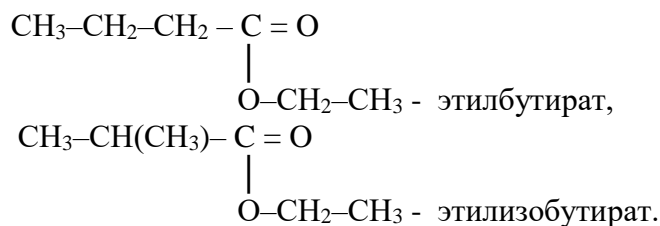
Судя по свойствам соединений В и С, легко предположить, что соединение А с формулой $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$ представляет собой сложный эфир, при щелочном гидролизе которого образуется соль карбоновой кислоты (В) и спирт (С):



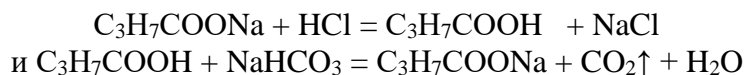
Суммарное число атомов углерода в радикалах R_1 и R_2 равно шести, но по условию задачи в R_2 их в два раза меньше, чем в R_1 . Пусть в R_2 будет x атомов углерода, тогда в R_1 их будет $2x$, и $x + 2x = 6$, откуда $x = 2$.

Формула соли $\text{C}_3\text{H}_7\text{COONa}$, формула спирта $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

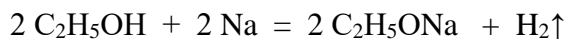
Возможные структуры исходного соединения:



При подкислении раствора соли C_3H_7COONa сильной кислотой образуется слабая карбоновая кислота, которая, в свою очередь, может взаимодействовать с гидрокарбонатом натрия с образованием углекислого газа:



Этиловый спирт реагирует с натрием с выделением водорода:



Система оценивания: определение природы соединений А, В и С – 1,5 балла; определение брутто-формулы соли и спирта – 1 балл; две структуры сложного эфира – 1 балл; уравнения реакций – 1,5 балла.

Задача № 6

Запишем искомую формулу углеводорода C_xH_y и вычислим его молярную массу

$$M(C_xH_y) = 34 \cdot 2 = 68 \text{ г/моль.}$$

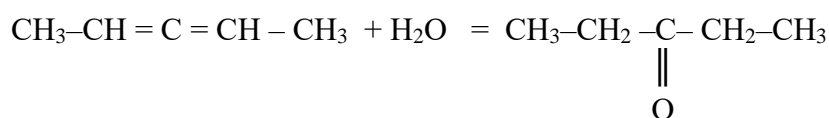
При горении углеводорода $C_xH_y + (2x + y/2) / 2 O_2 = x CO_2 + y/2 H_2O$ в реакцию вступило (1 г / 68 г/моль) моль углеводорода и образовалось (1,06 г / 18 г/моль) моль воды. Определим индекс y из закона сохранения количества атомов водорода:

$y \cdot n(C_xH_y) = 2 n(H_2O)$ или $(1/68) \cdot y = 2 \cdot (1,06 / 18)$, тогда $y = 8$. Число атомов углерода $x = (68 - 8) / 12 = 5$. Итак, брутто-формула искомого соединения C_5H_8 .

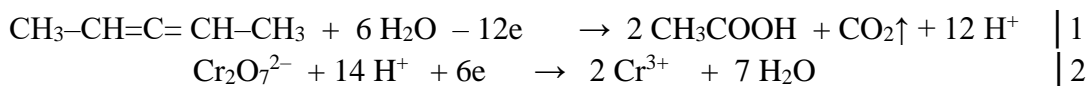
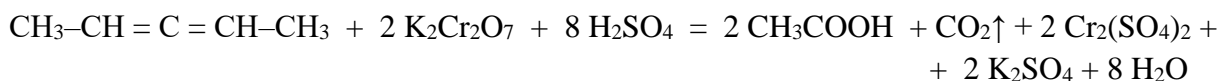
Найденная формула может соответствовать углеводородам с одной тройной связью (алкин), двумя двойными связями (диен) или циклу с одной двойной связью – привести по одному примеру и назвать.

По условию задачи продукты реакций C_5H_8 имеют некие свойства симметрии – диэтилкетон, две молекулы уксусной кислоты, поэтому данное соединение относится к симметричному диену: $CH_3-CH=C=CH-CH_3$ – диметилаллен или 2,3-пентадиен.

Реакция гидратации в кислой среде



Окисление дихроматом калия в кислой среде:



Система оценивания: определение брутто-формулы углеводорода – 3 балла; примеры и названия изомеров – 3 балла; строение и реакции искомого углеводорода – 2 балла.