

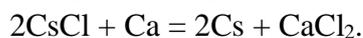
Задания 3 тура интернет-олимпиады 2020-21 (9-10 кл) по химии с решениями

Задача 1.

Это цезий в запаянной ампуле:



В промышленности цезий получают по реакции:



Эту реакцию проводят в вакууме.

- 1) Какой металл более химически активен – цезий или кальций?
- 2) Почему кальций вытесняет цезий из хлорида?
- 3) На каком свойстве цезия основано его применение в фотоэлементах?
- 4) Цезий сгорел в кислороде, продукт горения поместили в атмосферу углекислого газа. Напишите уравнения реакций.

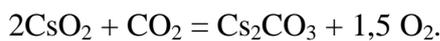
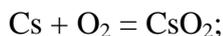
Решение:

1) Цезий активнее кальция (на основании положения в таблице Менделеева – более активный металл цезий расположен ниже и левее кальция; на основании электрохимического ряда напряжений – более сильный восстановитель в водном растворе, цезий левее кальция). (1 балл, объяснение не требуется).

2) Реакция идет, потому что из системы удаляется цезий, как самый летучий из реагирующих веществ (реакция протекает в расплаве, а цезий при этой температуре переходит в газообразное состояние). (1 балл)

3) Видимый свет легко выбивает электроны с поверхности цезия, содержащегося в фотоэлементах (1 балл). Атом цезия очень большой, внешние электроны удерживаются слабо.

4) Уравнения реакций (2 балла):



Если продуктом сгорания цезия записан оксид Cs_2O – это неверно. Кристаллическая решетка из 2 больших катионов цезия и одного маленького оксид-аниона неустойчива. Образуется надпероксид (супероксид) с более подходящим соотношением количества и радиусов ионов. (Объяснение не требуется).

Итого 5 баллов.

Задача 2.

В учебнике Василия Федоровича Зуева «Начертание естественной истории, изданное для народных училищ Российской империи по высочайшему повелению царствующия императрицы Екатерины Вторыя», описываются химические вещества, которые он называет солями. Прочитайте цитату и ответьте на вопросы.

«Кислые Соли называются такия, кои существуют только в жидком виде или в пару; на вкус кислы будучи прилиты к Щелочным Солям или известковым камням и землям вскипают; голубой сок из прозябаемых извлеченной переменяют в красной.

Горкая или Щелочная Соли суть, кои на вкус едки и противны; будучи примешаны к кислым, равным образом производят кипение; но голубой прозябаемый сок переменяют уже не в красной, а в зеленой. Оне находятся рыхлыми комьями, кои сами собою на воздухе разсыпаются, или на поверхности осаждаясь пылью. Щелочных Солей вообще два сорта, одна Постоянная, которая в воде разпускается, а в огне плавится и находится наиболее в Изкопаемом и Прозябаемом царстве, а частью и в Животном; другая Летучая, которая в легком жару улетает на воздух и находится больше в животных и прозябаемых телах, а меньше в изкопаемых».

1) Какие классы веществ описываются в данном отрывке? Приведите примеры веществ, относящихся к каждому из классов.

2) Какими свойствами обладает «голубой сок, из прозябаемых извлеченной»? Как мы сегодня называем такие вещества?

3) Как вы думаете, что за Постоянные и Летучие Щелочные Соли имеет в виду автор? Какое вещество может скрываться под именем летучей щелочной соли?

Решение:

1) Исходя из описания, «кислые соли» – это кислоты, а «горкая или щелочная соли» – щелочи (основания), вероятно, также карбонаты щелочных металлов (1 балл). Примеры «кислых солей»: H_2SO_4 , HCl и др., примеры «щелочных солей» – NaOH , Na_2CO_3 и др. (1 балл, примеры могут быть любыми подходящими, достаточно привести по одному примеру).

2) Голубой сок изменяет цвет в зависимости от кислотности среды, т. е. он – индикатор. (1 балл)

3) Постоянные щелочные соли – гидроксиды щелочных и щелочноземельных металлов, возможно, также карбонаты щелочных металлов. Летучие щелочные соли – аммиак, амины. (2 балла)

Итого 5 баллов.

Задача 3.

Химик Вася нашел на свалке образец специального сплава. При обработке сплава водой он полностью растворяется, при пропускании через раствор углекислого газа выпадает осадок.

Предложите возможный качественный состав сплава, объясните свой выбор. Оцените диапазон соотношений компонентов, удовлетворяющий условиям задачи.

Решение:

Рассмотрим возможные варианты состава сплава.

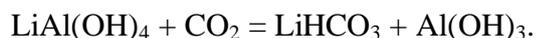
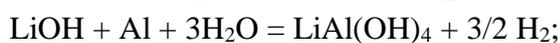
Первый случай – сплав состоит из металлов, дающих растворимые или малорастворимые гидроксиды. К таким относятся щелочные и щелочноземельные (Ca , Sr ,

Ва) металлы. Но такие металлы имеют высокую химическую активность и в окружающей среде будут реагировать с воздухом. В результате на свалке такой сплав найти нельзя, он быстро окислится.

Второй случай – сплав состоит из щелочного металла и металла, удовлетворяющего следующему набору свойств: а) он имеет амфотерный гидроксид, б) он достаточно активен, чтобы взаимодействовать со щелочью. Это могут быть алюминий или цинк. В роли щелочного металла вероятнее всего будет выступать литий, как наименее активный из щелочных металлов. Действительно, сплавы алюминия с литием существуют и используются в промышленности. Они достаточно устойчивы к окислению воздухом, но в состоянии порошка могут раствориться в воде с образованием гидроксокомплекса. Пропускание углекислого газа подкисляет раствор и в осадок выпадает гидроксид алюминия/цинка.

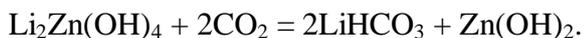
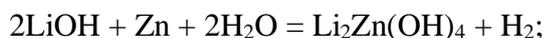
Компоненты Li + Al или Li + Zn – за любой вариант 1 балл, оцениваются также другие разумные варианты. Обоснование – 2 балла.

Уравнения происходящих процессов (3 балла):



Хорошо видно, что для образования гидроксокомплекса по уравнению реакции нужно соотношение металлов 1 : 1 по молям (1 балл). Возьмем образец, в котором 1 моль Al и 1 моль Li. Содержание алюминия в образце будет $27/(27+7) = 0,794$ или 79,4%. Надо отметить, что гидроксокомплекс устойчив только в щелочной среде, значит, в идеале содержание алюминия должно быть меньше этой величины (1 балл).

Для сплава лития с цинком протекающие процессы выглядят так:



В этом случае соотношение лития и цинка должно быть 2 : 1. Рассчитаем содержание цинка в образце аналогичным образом: $65/(65+2\cdot7) = 0,823$ или 82,3% (меньше этой величины).

Итого 8 баллов.

Задача 4.

Представьте себе, что вы идете в метель по заснеженной степи и натываетесь на заброшенную лабораторию. Электричество и газ в ней отключены много лет назад, но сохранилось много посуды и, на ваше счастье, несколько коробок с твердой щелочью и три трехлитровые бутылки, заполненные вязкими бесцветными жидкостями без запаха, растворимыми в воде.

Предположите, что это могут быть за жидкости. Рассмотрите разные варианты. Какие реактивы вам потребуются, чтобы различить эти жидкости? Какие жидкости помогут вам согреться и дождаться спасателей или хотя бы конца метели?

Решение

1) Для начала разберемся с жидкостями. Учитывая объем, это должен быть какой-то обычный лабораторный реактив. Если учесть отсутствие цвета и запаха, а также вязкость и растворимость в воде, то из неорганических веществ это могут быть

концентрированные фосфорная, серная кислоты или олеум. (1 балл за 2 варианта или более).

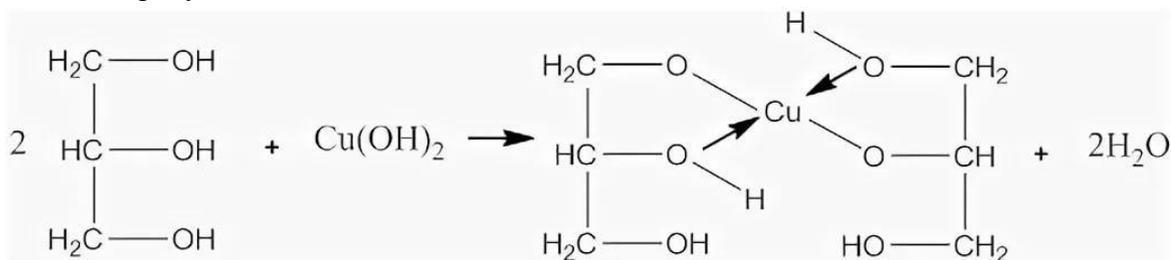
Из неорганических соединений возможен еще пероксид водорода, но по условию задачи лаборатория заброшена несколько лет назад, а пероксид водорода со временем разлагается. Органические кислоты, одноатомные спирты и амины растворимы в воде, но имеют ярко выраженный запах.

Вероятны многоатомные спирты – глицерин, этиленгликоль. (1 балл).

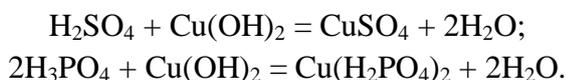
2) Для определения этих соединений необходим раствор индикатора, имеющего переход в кислой среде. Это позволит определить кислоты и отличить их, например, от глицерина. (1 балл, если указан цвет индикатора в кислой среде)

Дополнительным признаком для кислот и олеума будет существенное нагревание при растворении (в качестве воды можно использовать снег снаружи).

Многоатомные спирты можно идентифицировать реакцией с гидроксидом меди (II) по образованию ярко-синего раствора комплексного соединения (1 балл, уравнение реакции не требуется):

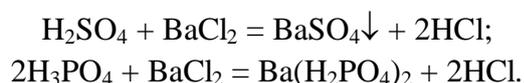


Кислоты при этом тоже будут реагировать с Cu(OH)₂ с образованием раствора (но не ярко-синего!) (1 балл за верные уравнения реакций):



В концентрированных кислотах практически нет воды, поэтому ионы меди не гидратируются, и раствор бесцветен (1 балл). Растворение гидроксида меди в концентрированной фосфорной кислоте возможно, поскольку в огромном избытке кислоты образуется растворимый дигидрофосфат; если кислота разбавленная, реакция не пойдет, т.к. гидрофосфат и средний фосфат меди нерастворимы.

Серную и фосфорную кислоты можно различить с помощью соли бария. При добавлении серной кислоты будет выпадать сульфат бария, а в случае фосфорной образуется растворимый дигидрофосфат бария (2 балла, если приведены уравнения реакций):



3) Самый простой вариант согреться – если хотя бы в одной из бутылей находится кислота. Мы уже упоминали, что при растворении концентрированной фосфорной, серной кислот и олеума в воде выделяется тепло (1 балл). Большое тепловыделение происходит также при растворении в воде твердой щелочи (1 балл).

Еще один источник тепла – реакция нейтрализации (1 балл). Поэтому оптимальным вариантом в этом случае будет растворение кислоты в воде и прибавление твердой щелочи к получившемуся раствору после окончания тепловыделения.

(Надо отметить, что количество тепла, полученного как в первом, так и во втором варианте, будет не слишком велико, и нагреть таким путем помещение не получится. Наилучшим путем будет создание грелок).

Многоатомные спирты использовать для согревания не получится.

Итого 11 баллов.

Задача 5.

Посмотрите видеоролик на <https://youtu.be/gGuS94s7lxI>.

Почему после наливания углеводородов и встряхивания пробирок верхний слой ярко окрашивается?

Почему при освещении окраска исчезает? Почему она исчезает быстрее в одном из случаев?

Напишите уравнения обеих реакций, используя структурные формулы.

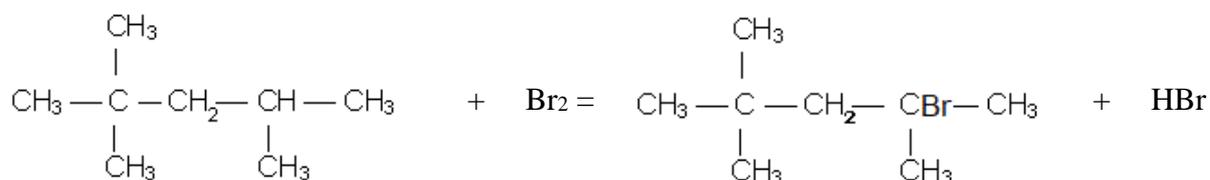
Что произойдет, если после окончания реакции снова встряхнуть пробирки?

Решение:

При встряхивании бром переходит в слой углеводорода, т.к. молекула брома неполярна, и поэтому он лучше растворим в неполярных растворителях, чем в воде (1 балл).

При освещении окраска исчезает, т.к. бром расходуется на реакции с алканами (1 балл). С изооктаном реакция идет быстрее, потому что его молекула содержит третичные атомы углерода, и в это положение замещение проходит легче, чем по вторичным атомам углерода (1 балл).

Уравнения реакций (по 1 баллу за каждую реакцию):



(бром вступает в замещение именно по третичному атому углерода);

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{Br}_2 = \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CHBr} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{HBr}$
(допускается замещение при любом вторичном атоме углерода).

Если снова встряхнуть пробирки, новая порция брома, оставшегося в водной фазе, перейдет в углеводород (1 балл). Будет наблюдаться окрашивание верхнего слоя (хотя не такое интенсивное, как в первый раз), а если осветить пробирки, опять пойдет реакция.

Итого 6 баллов.

Всего за комплект – 35 баллов.