

ВАРИАНТ 1.

Задание 1.

Элемент водород в природе представлен двумя изотопами - протий и дейтерий. Соответственно есть два оксида – легкая вода и тяжелая вода, которая применяется в научных исследованиях и используется в некоторых ядерных реакторах. По химическим свойствам они очень близки, но существенно различаются по физическим свойствам. Мольный объем лёгкой и тяжёлой воды практически одинаков в жидком и твёрдом агрегатном состоянии.

В лаборатории оказались две колбы, одна с обычной водой, другая с тяжелой водой, но без указания содержимого. Предложите возможные физические и химические способы определения содержимого колб. В лаборатории имеются аналитические весы, мерная посуда, холодильник, колбонагреватель, термометры, химические реактивы.

При описании физических способов определения содержимого колб приведите вид графика изменения температуры от времени для фазового перехода твёрдое-жидкость для лёгкой воды.

Как можно определить содержание колб, не проводя аналитических измерений и химических опытов.

Какой третий изотоп есть у элемента водорода? Почему он практически не встречается в природе?

Решение.

1. Молярная масса H_2O - $M = 18$ г/моль ; D_2O - $M = 20$ г/моль.

Физические способы.

2. Мольный объём жидкой лёгкой воды 18 мл. Плотность $\rho = 1,0$ г/мл.

Мольные объёмы лёгкой и тяжелой воды одинаковы. Плотность жидкой тяжёлой воды равна $\rho = 20:18 = 1,11$ г/мл.

3. Определить массы одинаковых по объёму порций из разных колб, используя мерную посуду и аналитические весы.

4. Определить температуру плавления порций из колб, используя холодильник и термометры. Построить график изменения температуры во времени при нагревании легкой воды от температуры -10 °С до $+10$ °С. Аналогично провести опыт со второй порцией. Температура плавления лёгкой воды 0 °С. У тяжёлой - иная. Температура плавления D_2O $+3,8$ °С.

5. Определить температуру кипения жидкостей, используя колбонагреватель, колбы для кипячения, термометр. Температура кипения лёгкой воды $+100$ °С. У тяжёлой – выше. $+101,5$ °С.

Указание температур фазовых переходов для тяжёлой воды необязательно. Химические способы.

6. Провести реакцию натрия с одинаковой массой жидкости из колб. Использовать инертный растворитель. При одинаковой массе количество вещества будет на 10 % больше в порции легкой воды, чем в порции

тяжёлой воды, и объём выделившегося водорода будет в этой реакции больше на 10 %.

7. При наличии необходимого оборудования можно измерить плотности газов, выделившихся при реакции с натрием. Плотность D_2 в два раза больше плотности H_2 .

8. Определение содержимого колб без измерений и реакций.

Небольшую порцию из колбы 1 заморозить. Затем льдинку внести во вторую колбу. Если льдинка плавает, во второй колбе тяжёлая вода. Если льдинка тонет – то лёгкая.

9. Твёрдая тяжёлая вода имеет плотность чуть больше плотности жидкой лёгкой воды. $\rho = 0,9 \times 20 : 18 = 1,0$ г/мл.

10. Третий изотоп элемента водорода – тритий. ${}^3H \equiv T$. Он нестабилен и распадается на 50 % за 12,25 лет. Поэтому его практически нет в природе. Его получают искусственно в результате ядерных реакций.

За каждый пункт 1 балл. Всего 10 баллов.

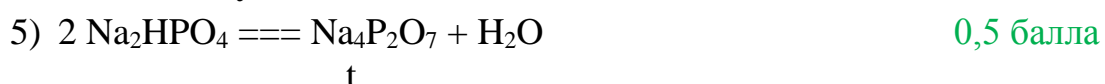
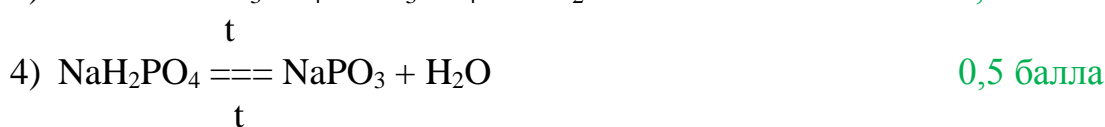
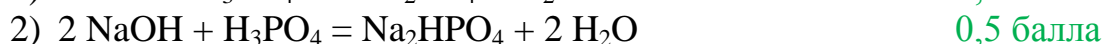
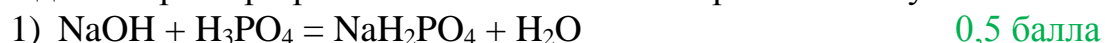
Задание 2.

В реакции гидроксида натрия с ортофосфорной кислотой в зависимости от соотношения реагентов и условий проведения реакции можно получить шесть различных фосфатов, в которых число атомов натрия равно 1, 2, 3, 4, 5. Напишите реакции получения этих фосфатов. Примите во внимание, что при температуре $t = 150^{\circ} - 300^{\circ} C$, происходит дегидратация кислых солей. Дайте структурные формулы этих солей, укажите типы химических связей в этих соединениях.

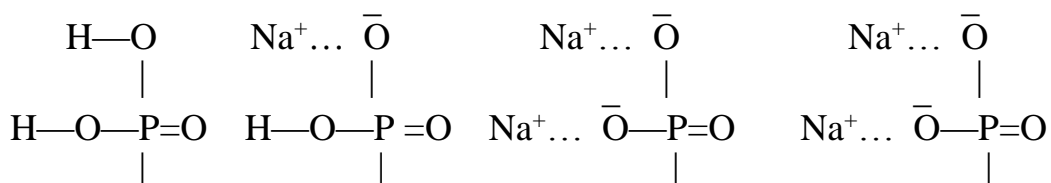
Фосфат какого элемента является твёрдой основой позвоночных животных и обеспечивает жевательные функции многих животных?

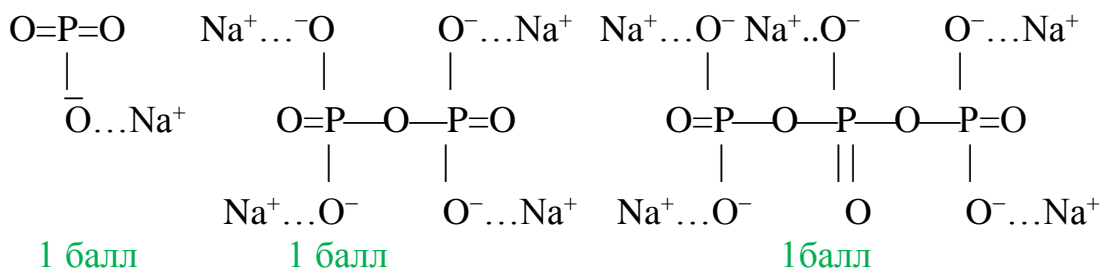
Решение.

Возможные реакции между ортофосфорной кислотой и гидроксидом натрия при различных соотношениях реагентов и условий.



Структурные формулы этих солей.





Связь между катионом Na^+ и кислотным остатком ионная. Все остальные связи ковалентные полярные. Одинарные связи σ -связи, двойные связи одна σ -связь, вторая π -связь. 1 балл

Фосфат кальция $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - основа костной ткани и зубов. 1 балл

Итого 10 баллов

Задание 3.

Через 100 г раствора щёлочи X при температуре 20 °С продували углекислый газ до насыщения. Масса реакционной системы после насыщения газом возросла до 122 г. Получен раствор P и осадок A.

Осадок отфильтровали, масса осадка 34,32 г. Осадок прокалили при 150 °С. Получили 21,65 г вещества B. Вещество B растворили в воде и упарили при низкой температуре до получения кристаллов C массой 58,5 г.

Полученный после фильтрования раствор P нейтрализовали раствором соляной кислоты концентрации 1,0 моль/л. Объём затраченной кислоты равен 91,4 мл. При нейтрализации выделялся газ Г.

Определите раствор какой щёлочи был взят в опыте?

Напишите уравнения всех реакций, формулы X, A, B, C, Г.

Проведите все количественные расчёты для определения веществ.

Рассчитайте растворимость вещества A в воде при 20 °С .

Растворимость: максимальная масса растворённого вещества в 100 г воды (г/ 100г H_2O).

Указание. Расчеты проводить с точностью до четырёх знаков после запятой.

Решение.

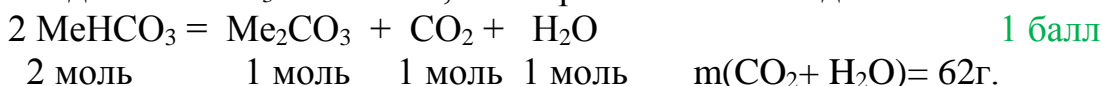
Масса поглощённого газа CO_2 22 г. Количество $n=0,5$ моль. 1 балл

Реакция насыщения раствора щёлочи углекислым газом приводит к образованию гидрокарбоната:



Получен насыщенный раствор гидрокарбоната.

Осадок MeHCO_3 массой 34,32 г. Прокаливание осадка:



При прокаливании масса осадка уменьшилась на 12,67 г. Это соответствует количеству $n(\text{CO}_2) = n(\text{H}_2\text{O}) = 12,67 : 62 = 0,2043$ моль. 1 балл

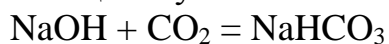
Количество карбоната 0,2043 моль. Масса карбоната 21,65 г.

Молярная масса карбоната $M = 21,65 : 0,2043 = 106,0$ г. Na_2CO_3 . 1 балл

Раствор щёлочи - раствор NaOH . Количество гидроксида 0,5 моль.

Масса гидроксида 20 г. Масса воды в растворе 80 г. 1 балл

Реакция с углекислым газом:

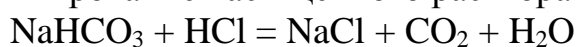


0,5 0,5 0,5 mol $m(\text{NaHCO}_3) = 84 \times 0,5 = 42$ g. 1 балл

В насыщенном растворе осталось 42,0-34,32=7,68 г. Масса воды в насыщенном растворе 80 г. Растворимость гидрокарбоната натрия равна

$K_s = (7,68 : 80) \times 100 = 9,6$ г/100 г H_2O . 1 балл

Титрование насыщенного раствора соляной кислотой:



$n(\text{HCl}) = 0,0914$ mol. $n(\text{NaHCO}_3) = 0,0914$ mol. $m(\text{NaHCO}_3) = 7,68$ g.

Это согласуется с предыдущими данными. 1 балл

Определение формулы кристаллов С.

Масса карбоната 21,65 г. Количество $n = 0,2045$ mol.

При удалении из раствора воды при низкой температуре выпадает кристаллогидрат С. Масса 58,5 г. Количество 0,2045 моль.

Молярная масса С равна $M = 286$ г/моль.

Молярная масса безводного карбоната натрия 106 г/моль.

Масса воды в моле кристаллогидрата 180 г. 10 моль воды.

Формула кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$. 1 балл

Итого 10 баллов

Задание 4.

В технике редко используются чистые металлы. Обычно широко применяют сплавы металлов, свойства которых зависят от состава сплава.

Для определения состава сплава был приготовлен порошок массой 4,91 г. Этот порошок был обработан избытком раствора гидроксида натрия. В результате выделился газ объёмом 560 мл (н.у.). Масса нерастворившегося осадка равна 3,275 г.

Осадок отфильтровали и обработали избытком соляной кислоты. Получён зелёный раствор, выделилось 280 мл (н.у.) газа и нерастворившийся осадок массой 2,54 г.

Этот осадок полностью растворили в концентрированной азотной кислоте. Выделилось 3,68 г бурого газа, получился раствор синего цвета.

Определите качественный и количественный состав сплава.

Рассчитайте объём газа (л, н.у.), который выделится при растворении 4,91 г этого сплава в азотной кислоте концентрации 30 %. При реакции выделяется только один газ с плотностью по водороду $D(\text{H}_2) = 15$.

Решение.

1. Реакция сплава с раствором щелочи.

Реакция с металлом, оксид и гидроксид которого амфотерны. (Zn, Al, Be, ...). Возможные варианты:



Масса прореагировавшего металла X равна 1,635 г.

Объём водорода 560 мл. Количество водорода 0,025 моль.

Количество металла 0,025 моль. Молярная масса металла X
 $M=1,635:0,025 = 65,4 \text{ г/моль}$. X = Zn. 1 балл

2. Реакция с соляной кислотой.

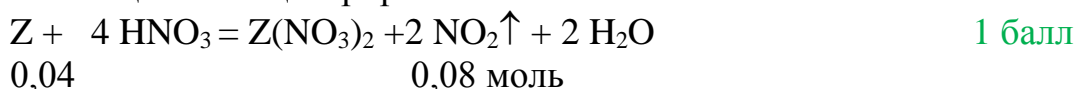


Масса прореагировавшего металла Y 0,735 г.

Объём водорода 280 мл. Количество водорода 0,0125 моль.

Масса металла Y 0,735 г. Количество металла 0,0125 моль.
Молярная масса металла Y $M=0,735:0,0125 = 58,8 \text{ г/моль}$. Это никель.
Y=Ni. В растворе соли никеля имеют зелёный цвет. 1 балл

3. Реакция с концентрированной азотной кислотой.



0,04 0,08 моль

Масса диоксида азота 3,68 г. Количества диоксида азота 0,08 моль.

Масса металла Z равна 2,54 г. Количество 0,04 мол.

Молярная масса металла Z $M=2,54:0,04 = 63,5 \text{ г/моль}$. Это медь.
Z=Cu. В растворе соли меди имеют синий цвет. 1 балл

4. Состав сплава. $\omega(\text{Zn})=33,3\%$. $\omega(\text{Ni})=15,0\%$. $\omega(\text{Cu})=51,7\%$.

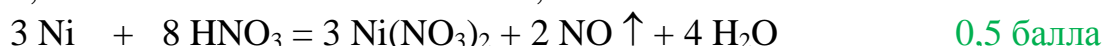
1 балл

5. Растворение сплава в азотной кислоте концентрации 30 %.

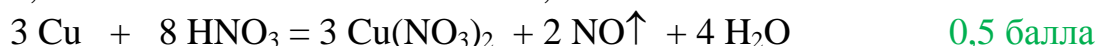
Выделяющийся газ имеет $M=30 \text{ г/моль}$. Это NO. 0,5 балла



0,025 mol 0,01667 mol



0,0125 0,00833 mol



0,04 0,02667 mol

Общее количество NO равно $n=0,05167 \text{ моль}$. Объём газа при нормальных условиях равен $V=22,4 \times 0,05167=1,16 \text{ л}$. 1 балл

Итого 10 баллов

Задание 5.

Молекулы газов А (простое вещество) и В (бинарное соединение) имеют равную молекулярную массу. Они энергично реагируют с образованием двух бинарных соединений С и D.

Соединение С – твёрдое тугоплавкое, основа литосферы Земли. Соединение D, как хамелеон, меняет свой образ по погоде. Наличие соединения D – обязательное условие существования жизни. В том числе и на Марсе. В тех местах, где большие массы веществ С и D встречаются,

праздношатающиеся homo sapiens меняют вертикальное положение на горизонтальное.

Определите вещества А, В, С, D. Напишите уравнения реакций.

Как можно получить вещество В?

Какие Вы знаете природные минералы вещества С?

Вещества С и D, а также CO₂ и N₂ являются стандартными средствами для борьбы с пожарами. Можно ли этими реагентами погасить горящий магний? Напишите все реакции, которые будут происходить при использовании этих реагентов. Предложите эффективный способ тушения горящего магния.

Решение.

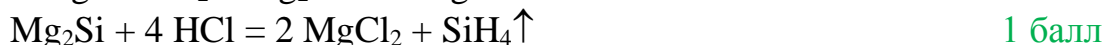
Соединение С - основа литосферы, оксид кремния SiO₂. 1 балл

Соединение D - вода, H₂O. В зависимости от температуры агрегатное состояние воды будет твёрдое, жидкое, газообразное. Наличие воды - необходимое условие существования жизни. 1 балл

Вещества А и В включают элементы H, O, Si. Простое вещество А и бинарное соединение В с одинаковой молекулярной массой может быть только кислород O₂ и силан SiH₄. M = 32 г/моль. 1 балл



Реакции получения силана.



Природные минералы: кварцы, горный хрусталь, кремьнь. 1 балл

Реакция горения магния:



Реакции горящего магния и стандартных средств для борьбы с пожарами.



Горящий магний засыпают стружками железа. 0,5 балла

Итого 10 баллов

ВАРИАНТ 2.

Задание 1.

Элемент водород в природе представлен двумя изотопами - протий и дейтерий. Существует также нестабильный изотоп водорода с массовым числом равным 3. Соответственно есть три оксида – легкая вода, тяжелая вода, сверхтяжелая вода. По химическим свойствам они очень близки, но существенно различаются по физическим свойствам. Мольный объем лёгкой, тяжёлой, сверхтяжёлой воды практически одинаков в жидком и твёрдом агрегатном состоянии.

В лаборатории оказались две колбы, одна с обычной водой, другая с сверхтяжелой водой, но без указания содержимого. Предложите возможные физические и химические способы определения содержимого колб. В лаборатории имеются аналитические весы, мерная посуда, холодильник, колбонагреватель, термометры, химические реактивы.

При описании физических способов определения содержимого колб приведите вид графика изменения температуры от времени для фазового перехода твёрдое-жидкость для лёгкой воды.

Как можно определить содержание колб, не проводя аналитических измерений и химических опытов.

Какие нуклоны входят в ядро нестабильного изотопа водорода? Почему он практически не встречается в природе?

Решение.

1. Молярная масса H_2O - $M = 18$ г/моль ; T_2O - $M = 22$ г/моль.

Физические способы.

2. Мольный объём жидкой лёгкой воды 18 мл. Плотность $\rho = 1,0$ г/мл.

Мольные объёмы лёгкой и сверхтяжелой воды одинаковы. Плотность жидкой сверхтяжёлой воды равна $\rho = 22:18 = 1,22$ г/мл.

3. Определить массы одинаковых по объёму порций из разных колб, используя мерную посуду и аналитические весы.

4. Определить температуру плавления порций из колб, используя холодильник и термометры. Построить график изменения температуры во времени при нагревании легкой воды от температуры -10 °С до $+10$ °С. Аналогично провести опыт со второй порцией. Температура плавления лёгкой воды 0 °С. У сверхтяжёлой - иная.

5. Определить температуру кипения жидкостей, используя колбонагреватель, колбы для кипячения, термометр. Температура кипения лёгкой воды $+100$ °С. У сверхтяжёлой – выше.

Указание температур фазовых переходов для сверхтяжёлой воды необязательно.

Химические способы.

6. Провести реакцию натрия с одинаковой массой жидкости из колб. Использовать инертный растворитель. При одинаковой массе количество вещества будет на 22 % больше в порции легкой воды, чем в порции

сверхтяжёлой воды, и объём выделившегося водорода будет в этой реакции больше на 22 %.

7. При наличии необходимого оборудования можно измерить плотности газов, выделившихся при реакции с натрием. Плотность T_2 в три раза больше плотности H_2 .

8. Определение содержимого колб без измерений и реакций.

Небольшую порцию из колбы 1 заморозить. Затем льдинку внести во вторую колбу. Если льдинка плавает, во второй колбе сверхтяжёлая вода. Если льдинка тонет – то лёгкая.

9. Твёрдая сверхтяжёлая вода имеет плотность больше плотности жидкой лёгкой воды. $\rho = 0,9 \times 22:18 = 1,1$ г/мл.

10. Третий изотоп элемента водорода – тритий. ${}^3H \equiv T$. Он нестабилен и распадается на 50 % за 12,25 лет. Поэтому его практически нет в природе. Его получают искусственно в результате ядерных реакций.

В ядро трития входит один протон и два нейтрона.

За каждый пункт 1 балл. Всего 10 баллов.

Задание 2.

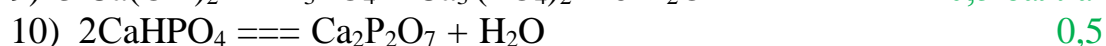
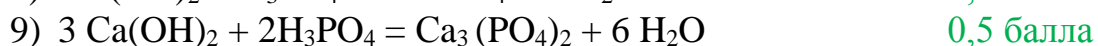
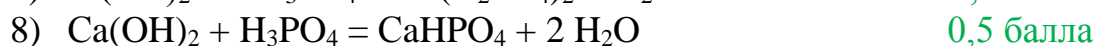
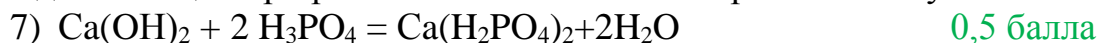
В реакции гидроксида кальция с ортофосфорной кислотой в зависимости от соотношения реагентов и условий проведения реакции можно получить различные фосфаты, в которых число атомов кальция равно 1, 2, 3, 5. Напишите реакции получения этих фосфатов. Примите во внимание, что при температуре $t = 150^0 - 300^0$ С, происходит дегидратация кислых солей. Основной фосфат является природным источником минеральных удобрений. В структурную единицу фосфата входит одна группа ОН. Массовая доля этой группы равна 3,386 %. Дайте структурные формулы этих солей, укажите типы химических связей в этих соединениях.

Какой фосфат является твёрдой основой позвоночных животных и обеспечивает жевательные функции многих животных?

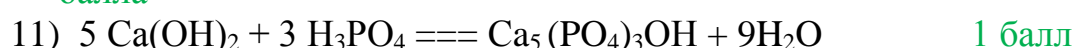
Какие фосфаты используются в качестве минеральных удобрений?

Решение.

Возможные реакции между ортофосфорной кислотой и гидроксидом кальция при различных соотношениях реагентов и условий.



балла



Определение формулы основной соли фосфата.

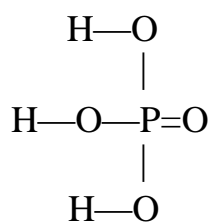
$\omega(OH) = 3,386 \%$. $M = 17:0,03386 = 502$ г/моль. 1 балл

Масса оставшейся части фосфата $502 - 17 = 485$. нечётная величина.

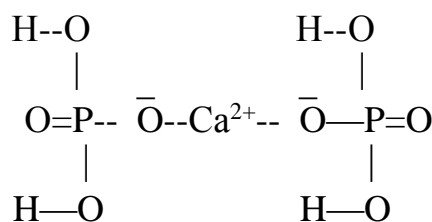
Молярная масса кальция 20 - чётная величина. $M(PO_4) = 95$.

нечётная величина. Количество фосфатных групп должно быть нечётным 1,3,5. Подходит 3 группы PO_4 . Атомов кальция 5. 1балл

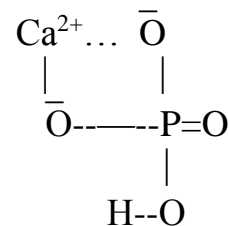
Структурные формулы этих солей.



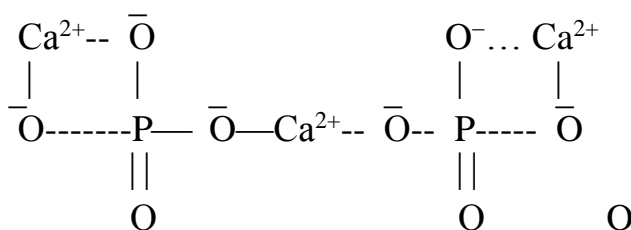
0,5 балла



1 балл



0,5 балла



1 балл

Связь между катионом Ca^{2+} и кислотным остатком ионная. Все остальные связи ковалентные полярные. Одинарные связи σ -связи, двойные связи одна σ -связь, вторая π -связь.

1 балл

Фосфат кальция $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - основа костной ткани и зубов.

1 балл

Итого 10 баллов

Задание 3.

Через 100 г раствора щёлочи X при температуре 20 °С продували углекислый газ до насыщения. Масса реакционной системы после насыщения газом возросла до 122 г. Получен раствор P и осадок A.

Осадок отфильтровали, масса осадка 25,70 г. Осадок прокалили при 150 °С. Получили 17,73 г вещества B. Вещество B растворили в воде и упарили при низкой температуре до получения кристаллов C массой 21,2 г.

Полученный после фильтрования раствор P нейтрализовали раствором соляной кислоты концентрации 1,0 моль/л. Объём затраченной кислоты равен 243 мл. При нейтрализации выделялся газ Г.

Определите раствор какой щёлочи был взят в опыте?

Напишите уравнения всех реакций, формулы X, A, B, C, Г.

Проведите все количественные расчёты для определения веществ.

Рассчитайте растворимость вещества A в воде при 20 °С.

Растворимость: максимальная масса растворённого вещества в 100 г воды (г/ 100г H_2O).

Указание. Расчеты проводить с точностью до четырёх знаков после запятой.

Решение.

Масса поглощённого газа CO_2 22 г. Количество $n=0,5$ моль. 1 балл

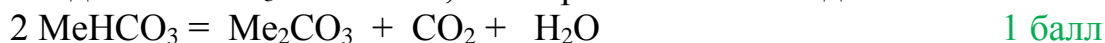
Реакция насыщения раствора щёлочи углекислым газом приводит к образованию гидрокарбоната:



0,5 моль 0,5 моль 0,5 моль

Получен насыщенный раствор гидрокарбоната.

Осадок MeHCO_3 массой 25,70 г. Прокаливание осадка:



2 моль 1 моль 1 моль 1 моль $m(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}) = 62 \text{ г.}$

При прокаливании масса осадка уменьшилась на 7,97 г. Это соответствует количеству $n(\text{CO}_2) = n(\text{H}_2\text{O}) = 12,67:62 = 0,1285$ моль. 1 балл

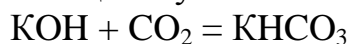
Количество карбоната 0,1285 моль. Масса карбоната 17,73 г.

Молярная масса карбоната $M = 17,73:0,1285 = 138,0$ г. K_2CO_3 . 1 балл

Раствор щёлочи - раствор КОН. Количество гидроксида 0,5 моль.

Масса гидроксида 28 г. Масса воды в растворе 72 г. 1 балл

Реакция с углекислым газом:

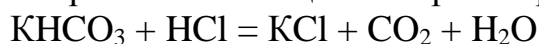


0,5 0,5 0,5 mol $m(\text{KHCO}_3) = 100 \times 0,5 = 50 \text{ г.}$ 1 балл

В насыщенном растворе осталось $50,0 - 25,70 = 24,30$ г. Масса воды в насыщенном растворе 72 г. Растворимость гидрокарбоната калия равна

$K_s = (24,3:72) \times 100 = 33,7$ г/100 г H_2O . 1 балл

Титрование насыщенного раствора соляной кислотой:



$n(\text{HCl}) = 0,243 \text{ mol.}$ $n(\text{KHCO}_3) = 0,243 \text{ mol.}$ $m(\text{KHCO}_3) = 24,3 \text{ г.}$

Это согласуется с предыдущими данными. 1 балл

Определение формулы кристаллов С.

Масса карбоната 17,73 г. Количество $n=0,1285$ mol.

При удалении из раствора воды при низкой температуре выпадает кристаллогидрат С. Масса 21,2 г. Количество 0,1285 моль.

Молярная масса С равна $M=165$ г/моль.

Молярная масса безводного карбоната калия 138 г/моль.

Масса воды в моле кристаллогидрата 27 г. 1,5 моль воды.

Формула кристаллогидрата $\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5 \text{ H}_2\text{O}$. 1 балл

Итого 10 баллов

Задание 4.

В технике редко используются чистые металлы. Обычно широко применяют сплавы металлов, свойства которых зависят от состава сплава.

Для определения состава сплава был приготовлен порошок массой 10,0 г. Этот порошок был обработан избытком раствора гидроксида натрия. В результате выделился газ объёмом 445,3 мл (н.у.). Масса нерастворившегося осадка равна 8,70 г.

Осадок отфильтровали и обработали избытком соляной кислоты. Получён зелёный раствор, выделилось 1181 мл (н.у.) газа и нерастворившийся осадок массой 5,60 г.

Этот осадок полностью растворили в концентрированной азотной кислоте. Выделилось 8,11 г бурого газа, получился раствор синего цвета.

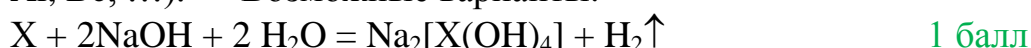
Определите качественный и количественный состав сплава.

Рассчитайте объём газа (л, н.у.), который выделится при растворении 10,0 г этого сплава в азотной кислоте концентрации 30 %. При реакции выделяется только один газ с плотностью по водороду $D(\text{H}_2) = 15$.

Решение.

2. Реакция сплава с раствором щелочи.

Реакция с металлом, оксид и гидроксид которого амфотерны. (Zn, Al, Be, ...). Возможные варианты:



Масса прореагировавшего металла X равна 1,30 г.

Объём водорода 445,3 мл. Количество водорода 0,01988 моль.

Количество металла 0,01988 моль. Молярная масса металла X $M=1,3:0,01988 = 65,4 \text{ г/моль}$. X = Zn. 1 балл

2. Реакция с соляной кислотой.

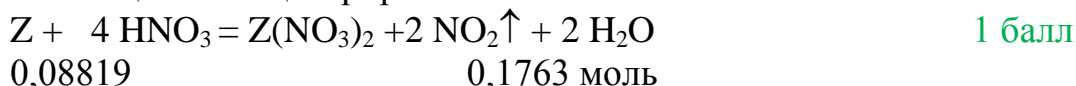


Масса прореагировавшего металла Y 3,1 г.

Объём водорода 1181 мл. Количество водорода 0,05272 моль.

Масса металла Y 3,1 г. Количество металла 0,05272 моль. Молярная масса металла Y $M=3,1:0,05272 = 58,8 \text{ г/моль}$. Это никель. Y=Ni. В растворе соли никеля имеют зелёный цвет. 1 балл

3. Реакция с концентрированной азотной кислотой.



0,08819 0,1763 моль

Масса диоксида азота 8,11 г. Количества диоксида 0,1763 моль.

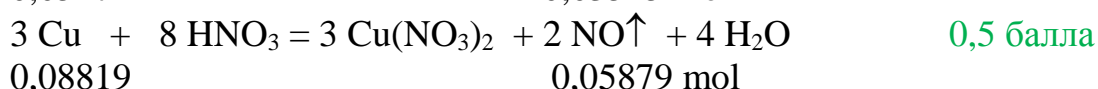
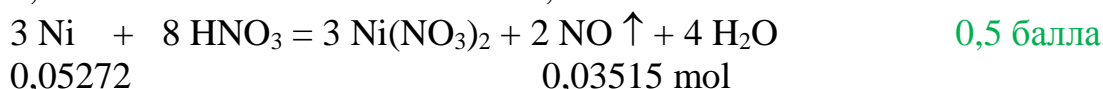
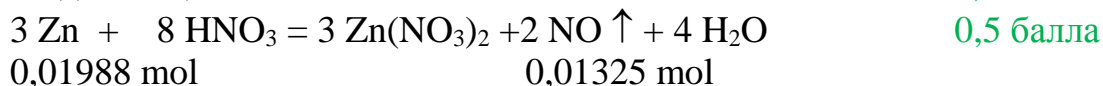
Масса металла Z равна 5,6 г. Количество 0,08819 мол.

Молярная масса металла Z $M=5,6:0,08819=63,5 \text{ г/моль}$. Это медь. Z=Cu. В растворе соли меди имеют синий цвет. 1 балл

4. Состав сплава. $\omega(\text{Zn})=13,0\%$. $\omega(\text{Ni})=31,0\%$. $\omega(\text{Cu})=56,0\%$. 1 балл

5. Растворение сплава в азотной кислоте концентрации 30 %.

Выделяющийся газ имеет $M=30 \text{ г/моль}$. Это NO. 0,5 балла



Общее количество NO равно $n=0,1072 \text{ моль}$. Объём газа при нормальных условиях равен $V=22,4 \times 0,1072=2,40 \text{ л}$. 1 балл

Задание 5.

Молекулы газов А (простое вещество) и В (бинарное соединение) имеют одинаковое суммарное количество электронов равное 16. Соединение В - димер простейшей формулы бинарного соединения элемента второго периода. А и В энергично реагируют с образованием двух бинарных соединений С и D.

Соединение С – твёрдое вещество белого цвета, реагирующее с водой с образованием малорастворимой трёхосновной слабой кислоты БК. Эта кислота используется в медицине, а также для борьбы с тараканами. При температуре выше 70 °С кислота БК дегидратируется в одноосновную кислоту МК. Сплавление С с гидроксидом натрия даёт соль К, массовая доля натрия в соли равна 35,0 %. При реакции 4 моль кислоты БК с 2 моль гидроксида натрия в разбавленном растворе образуется соль ТБ. При реакции 6,18 БК с 2,0 г гидроксида натрия в растворе и упаривании раствора получено 9,535 г кристаллогидратов ТБ. Прокаливание этих кристаллов при 380 °С даёт безводный ТБ массой 5,03 г.

Соединение D, как хамелеон, меняет свой образ по погоде. Наличие соединения D – обязательное условие существования жизни. В том числе и на Марсе.

Определите вещества А, В, С, D, БК, МК, К, ТБ. Напишите уравнения реакций. Ваши выводы подтвердите расчётами.

Напишите реакции с водой и хлором.

Какие Вы знаете природные минералы вещества ТБ?

Решение.

Вещество А кислород O₂. В молекуле 16 электронов. 1 балл

Вещество В также содержит 16 электронов, но так как это димер, то простейшая формула содержит 8 электронов. Для элементов второго периода это могут три варианта.

NH₃ и димер N₂H₂. Такого стабильного соединения нет. Реакция его с кислородом не может дать продуктом твёрдое вещество.

CH₂ и димер C₂H₄ -этин. Горение этина приводит к образованию углекислого газа и воды.

BH₃ и димер B₂H₆-боран. Ядовитый газ, активный. В- боран. 1балл
Реакция горения борана.

B₂H₆ + 3 O₂ = B₂O₃ + 3 H₂O С -оксид бора B₂O₃, твёрдый. 0,5 балл
Реакция оксида бора с водой.

B₂O₃ + 3 H₂O = 2 H₃BO₃ БК - борная кислота H₃BO₃ 0,5 балл

Дегидратация борной кислоты при нагревании.

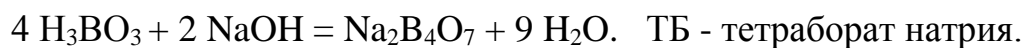
H₃BO₃ = HBO₂ + H₂O МК - метаборная кислота HBO₂

Сплавление оксида бора с гидроксидом натрия при нагревании.

H₃BO₃ + NaOH = NaBO₂ + 2 H₂O К - метаборат натрия NaBO₂. 1 балл

Массовая доля натрия в соли равна 35,0 %.

Реакция борной кислоты с гидроксидом натрия в растворе:



4 моль 2 мо ль 1 моль

6,18 г 2,0 г

0,1 моль 0,05моль 0,025 моль

1 балл

Масса кристаллогидратов после упаривании раствора 9,535 г.

Молярная масса кристаллов $9,535:0,025=381,4$ г/моль.

1 балл

Масса кристаллов после прокаливании 5,03 г.

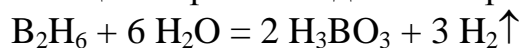
Молярная масса кристаллов безводных $5,03:0,025=201,2$ г/моль.

Масса воды в моле кристаллогидратов равна 180,2 г. Количество молекул воды на молекулу тетрабората равно 10.

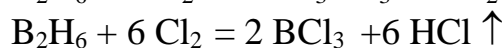
1 балл

Формула кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Минерал бура.

Реакции борана с водой и хлором.



1 балл



1 балл

Соединение D - вода, H_2O . В зависимости от температуры агрегатное состояние воды будет твёрдое, жидкое, газообразное. Наличие воды - необходимое условие существования жизни.

1 балл

Итого 10 баллов