

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ХИМИИ. 2019–2020 уч. г.
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС

Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1. Ядовитый барий

Соединения бария являются сильными ядами. Однако сульфат бария используется в медицине при рентгенологическом исследовании желудка и принимается внутрь в виде жидкой кашицы. Как это можно объяснить? Можно ли для рентгенологического исследования использовать сульфид и сульфит бария? Ответ обоснуйте и подтвердите соответствующими молекулярными и ионными уравнениями реакций, которые могут протекать с этими веществами в организме. Для каждого вещества достаточно привести по одной реакции.

Задача 2. Реакция нейтрализации

Через раствор, содержащий 1 моль гидроксида натрия, сначала пропустили 0,5 моль углекислого газа, а потом еще 0,5 моль. Сколько всего молей ионов содержалось в растворе: а) до реакции; б) после пропускания первой порции газа, в) после пропускания второй порции? Ответ подтвердите молекулярными или ионными уравнениями реакций. (Гидролиз солей и диссоциацию угольной кислоты не рассматривайте.)

Постройте график зависимости общего числа молей ионов в растворе от количества углекислого газа, пропущенного через раствор.

Задача 3. Амфотерное вещество

При сжигании на воздухе серебристо-белого металла А образуется белый порошок вещества Б. Известно, что вещество Б вступает в реакции и с соляной кислотой, и с твёрдым гидроксидом натрия, а металл А не взаимодействует с холодной водой, но реагирует с перегретым водяным паром. Определите неизвестные вещества, если известно, что при сжигании металла А на воздухе масса твёрдого вещества увеличивается в 1,246 раза. Запишите уравнения всех упомянутых реакций. Предложите способ получения А из Б.

Задача 4. Естественная радиоактивность

В природном радиоактивном изотопе некоторого элемента число нейтронов на треть больше числа протонов. При β -распаде этого изотопа образуется ядро изотопа другого элемента, в котором число протонов и нейтронов одинаково. Определите изотоп и напишите уравнение его распада.

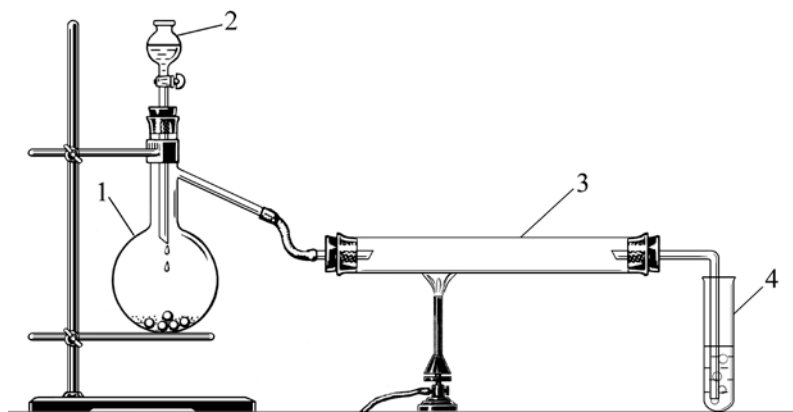
Сколько атомов данного радиоактивного изотопа элемента содержится в Вашем организме (массу выберите сами), если массовая доля элемента в нём составляет 20 %, а доля атомов радиоактивного изотопа – $1,3 \times 10^{-10} \%$ от общего числа атомов элемента?

Задача 5. Чёрный порошок

К 100 г 1,70 %-го раствора нитрата серебра приливали 1,42 %-й раствор сульфата натрия до окончания выпадения осадка А. Выделившийся осадок отделили и прокалили в токе водорода. Определите массу образовавшегося сложного вещества Б, если известно, что оно представляет собой чёрный порошок, нерастворимый в воде, а растворимость вещества А в воде при температуре опыта по осаждению составляет 0,79 г в 100 г воды. Определите все неизвестные вещества, запишите уравнения всех реакций.

Задача 6. Бесцветный газ

Простое вещество А жёлтого цвета смешали с железными опилками в массовом отношении 4 : 7 соответственно. Смесь нагрели, при этом образовалось соединение чёрного цвета В. Вещество В поместили в колбу Вюрца (на рис. показана цифрой 1). Из капельной воронки (2) к веществу В добавили соляную кислоту. В результате реакции начал выделяться бесцветный газ С с резким неприятным запахом.



Сначала газ С пропускали через холодную трубку (3) в пробирку (4) с раствором нитрата свинца, наблюдали выпадение осадка чёрного цвета. Затем трубку (3) нагрели, при пропускании газа С осадок в пробирке (4) с раствором нитрата свинца также образовывался, но его количество было заметно меньше. При этом на внутренних стенках трубки (3) оседало вещество А в виде пятен жёлтого цвета.

1. Определите вещества А, В и С. Напишите уравнения реакций превращения А в В и В в С.

2. В каком мольном отношении было смешано вещество А с железом для синтеза соединения В? Ответ подтвердите расчётом.

3. Какое вещество выпадает в осадок в пробирке (4)? Почему предварительное нагревание газа С в трубке (3) приводит к заметно меньшему количеству осадка в пробирке (4)? Ответ подтвердите уравнениями реакций.

4. Газ С горит на воздухе голубоватым пламенем с образованием двух оксидов. Если внести в пламя горящего С холодный массивный предмет, например металлическую пластину, то состав продуктов сгорания меняется. На поверхности пластины конденсируются пары вещества А в виде пятна жёлтого цвета. Опишите данные процессы с помощью уравнений химических реакций.

Решения и система оценивания

В итоговую оценку из 6 задач засчитываются 5 решений, за которые участник набрал наибольшие баллы, то есть одна из задач с наименьшим баллом не учитывается.

Задача 1. Ядовитый барий

Решение

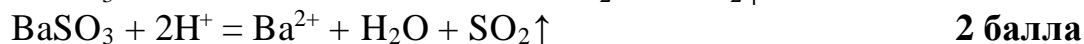
Сульфат бария – вещество, нерастворимое в воде, кислотах и растворах щелочей. Инертность этого вещества делает его безопасным. **2 балла**

Сульфид бария растворим в холодной воде и в кислотах (желудочном соке). Ядовитые ионы бария могут отравить организм.



(за любое ионное уравнение – полное или сокращённое).

Сульфит бария нерастворим в воде. Но в кислой среде желудка он растворяется, поэтому также ядовит.



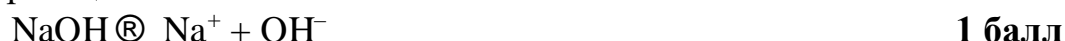
(за любое ионное уравнение – полное или сокращённое). (Реакции с образованием H_2SO_3 также засчитываются.)

Итого 10 баллов

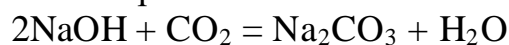
Задача 2. Реакция нейтрализации

Решение

а) До реакции – 2 моль ионов: **1 балл**



б) После пропускания первой порции углекислого газа образуется 0,5 моль карбоната натрия:



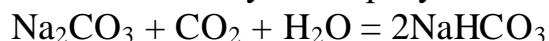
или



В растворе останется 1,5 моль ионов – 1 моль ионов Na^+ и 0,5 моль ионов CO_3^{2-} .

1 балл

в) После пропускания второй порции углекислого газа средняя соль превращается в кислую – образуется 1 моль гидрокарбоната натрия:



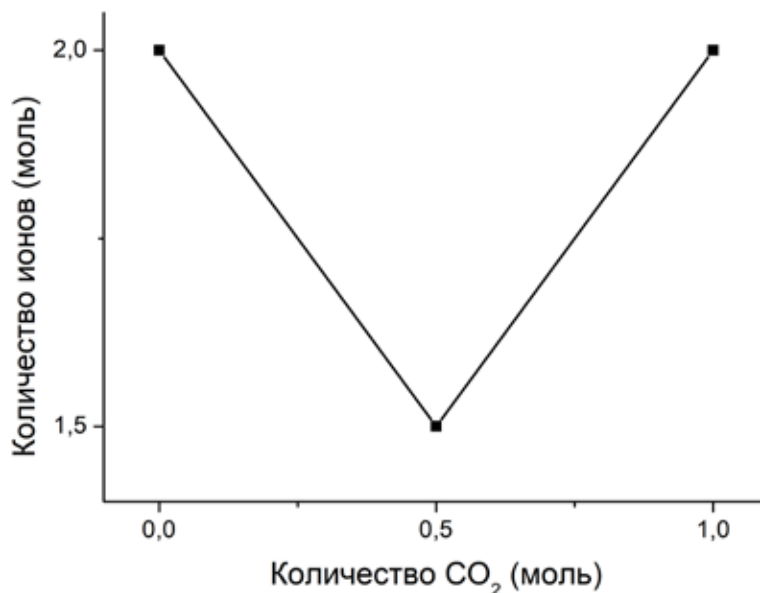
или



В растворе содержится 2 моль ионов – 1 моль ионов Na^+ и 1 моль ионов HCO_3^- .

1 балл

График имеет вид ломаной, состоящей из двух отрезков – 1) уменьшение количества ионов с 2 до 1,5 моль (первая порция газа), 2) увеличение количества ионов с 1,5 до 2 моль (вторая порция газа).



4 балла

(по 2 балла за каждый участок ломаной).

Итого 10 баллов

Задача 3. Амфотерное вещество

Решение

При сжигании металла образуется амфотерный оксид. В таких оксидах металлы имеют степени окисления выше +1. Пусть металла **А** взяли 1 г, тогда вещества **Б** образовалось 1,246 г.

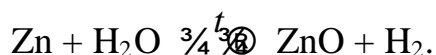
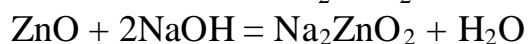
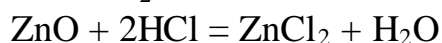
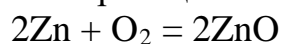
$$m(\text{O}) = 1,246 - 1 = 0,246 \text{ г}; n(\text{O}) = 0,246/16 = 0,0154 \text{ моль.}$$

Если формула оксида MeO, тогда

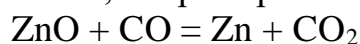
$$n(\text{A}) = n(\text{O}) = 0,0154 \text{ моль, а } M(\text{A}) = 1/0,0154 = 65 \text{ г/моль – это цинк.}$$

А – Zn, **Б** – ZnO.

Уравнения реакций:



Восстановить цинк из оксида можно углём, оксидом углерода(II) или алюминием, например:



Система оценивания

Определение А и Б – по 2 балла, всего – (без расчета – 0 баллов).	4 балла
Уравнения четырёх реакций по 1 баллу, всего – (если неверные коэффициенты – по 0,5 балла)	4 балла
Получение цинка из оксида –	2 балла
	Итого 10 баллов

Задача 4. Естественная радиоактивность

Решение

Пусть в ядре радиоактивного изотопа Z протонов и N нейтронов, тогда

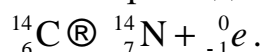
$$N/Z = 4/3.$$

При β -распаде ядро испускает электрон, при этом нейтрон превращается в протон, т. е. число нейтронов уменьшается на 1, а число протонов увеличивается на 1. По условию

$$N - 1 = Z + 1.$$

Подставляя это соотношение в первое уравнение, находим: $Z = 6$, $N = 8$.
Элемент – углерод, радиоактивный изотоп – углерод-14, ^{14}C .

Уравнение β -распада:



Примем массу организма равной 50 кг, тогда $m(\text{C}) = 0,2 \times 50 = 10$ кг. Число атомов углерода:

$$N(\text{C}) = n(\text{C}) \times N_A = (10000 / 12) \times 6 \times 10^{23} = 5 \times 10^{26}.$$

Число атомов изотопа углерод-14:

$N(^{14}\text{C}) = 5 \times 10^{26} \times 1,3 \times 10^{-10} \% / 100 \% = 6,5 \times 10^{14}$. Это очень небольшое число, но тем не менее, оно показывает, что любой человек радиоактивен.

Разумеется, ответ зависит от выбранной массы. При массе m кг правильный ответ будет: $m/50 \times 6,5 \times 10^{14} = m(\text{кг}) \times 1,3 \times 10^{13}$.

Система оценивания:

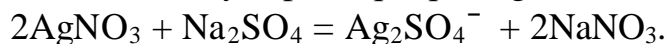
Определение изотопа	4 балла
Уравнение распада	2 балла
Число радиоактивных атомов	4 балла
(1 балл за массу углерода, 1 балл за общее число атомов углерода, 2 балла за число радиоактивных атомов)	

Итого 10 баллов

Задача 5. Чёрный порошок

Решение

Вещество А – это сульфат серебра, Ag_2SO_4 .



Найдём массу раствора сульфата натрия.

$$n(\text{AgNO}_3) = 1,7/170 = 0,01 \text{ моль},$$

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,01/2 = 0,005 \text{ моль},$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,005 \times 142 = 0,71 \text{ г},$$

$$m(\text{р-ра Na}_2\text{SO}_4) = 0,71 \text{ г}/0,0142 = 50 \text{ г}.$$

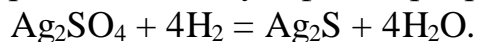
Масса воды после смешения двух растворов:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 150 - 1,7 - 0,71 = 147,59 \text{ г}.$$

В этом количестве воды может раствориться $147,59/100 \times 0,79 = 1,166 \text{ г Ag}_2\text{SO}_4$, или $1,166/312 = 0,00374 \text{ моль}$. По уравнению реакции сульфата серебра получается $0,005 \text{ моль}$, следовательно, в осадок выпадет

$$0,005 - 0,00374 = 0,00126 \text{ моль Ag}_2\text{SO}_4.$$

При прокаливании сульфата серебра в токе водорода происходит реакция:



Вещество Б – Ag_2S .

$$n(\text{Ag}_2\text{S}) = n(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 0,00126 \text{ моль},$$

$$m(\text{Ag}_2\text{S}) = 0,00126 \times 248 = 0,313 \text{ г}.$$

Система оценивания:

Вещества А и Б – по 2 балла, всего –

4 балла

Уравнения реакций – по 1 баллу, всего –

2 балла

Расчёт массы Ag_2S –

4 балла

(1 балл – масса раствора Na_2SO_4 , 1 балл – масса воды, 1 балл – масса или количество Ag_2SO_4 , 1 балл – масса Ag_2S).

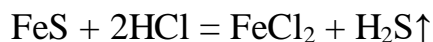
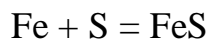
Итого 10 баллов

Задача 6. Бесцветный газ

Решение

1. Из приведённого в условии описания свойств можно сделать вывод, что **A** – S, **B** – FeS и **C** – H₂S.

3 балла



по 0,5 балла за каждое уравнение, всего 1 балл

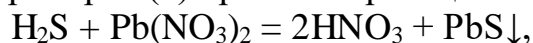
2. Пусть смесь состояла из 4 г серы и 7 г железа, тогда

$$n_{\text{S}} = \frac{4 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} = 0,125 \text{ моль} \quad n_{\text{Fe}} = \frac{7 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,125 \text{ моль}$$

Таким образом, исходные вещества смешаны в мольном отношении 1:1.

1 балл

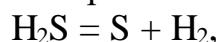
3. В пробирке (4) протекает реакция:



при этом образуется осадок чёрного цвета PbS.

1 балл

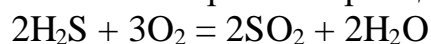
При нагревании сероводорода, т. е. газа **C**, в трубке (3) происходит его частичное разложение:



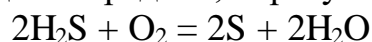
Поэтому осадка PbS в пробирке (4) образуется меньше.

2 балла

4. При полном сгорании сероводорода образуются пары воды и сернистый газ:



При неполном сгорании сероводорода, когда в пламя вносят массивный холодный предмет, образуется сера:



2 балла

Итого 10 баллов