



Заключительный этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»

Профиль: «Инженерное дело»

Специализация: «Химия»

Классы участия: 8-9

Задача 1.

Искусственный интеллект облегчает работу инженеров, и машинное обучение для компьютерного моделирования позволяет точно определять химические структуры с заданными свойствами. Соединения палладия, крупнейшими запасами которого располагает Россия, имеют идеальную электронную конфигурацию для высокотемпературной сверхпроводимости, требуемой в наукоемких отраслях. Построив модель с различными переменными параметрами, среди которых сила взаимодействия электронов, исследователи определили два соединения палладия со сверхпроводимостью при высокой температуре. Установите простейшую формулу одного из этих соединений, если массовая доля рубидия в нем 20,48 %, стронция 42,41 %, палладия 25,54 %, а остальное приходится на кислород.

Решение:

Выразим массы веществ с учетом относительных атомных масс элементов, обозначив количество их атомов в молекуле буквами а, в, с, d. Тогда получаем следующее соотношение масс

$$85a : 88b : 106c : 16d = 20,48 : 42,41 : 25,54 : 11,57$$

Соотношение между количеством атомов будет

$$a : b : c : d = 20,48/85 : 42,41/88 : 25,54/106 : 11,57/16 = 0,24 : 0,48 : 0,24 : 0,72 = 1 : 2 : 1 : 3$$

Получаем простейшую формулу $\text{RbSr}_2\text{PdO}_3$.



Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ»

Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 1		
№	Элемент решения	Баллы
1.	Выражены массы веществ с учетом относительных атомных масс элементов и получено соотношение масс.	2
2.	Рассчитано соотношение между количеством атомов.	2
3.	Записана простейшая формула.	1
ИТОГО		5



Задача 2.

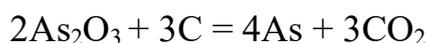
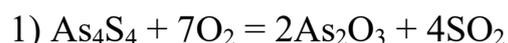
Соединения мышьяка находят широкое применение при получении полупроводников. Извлечение мышьяка организуется как попутное производство при разработке медных или свинцовых месторождений, в руде которых содержится небольшое количество мышьяка в виде соединения As_4S_4 . Ежегодно в нашей стране таким способом получают 1500 т мышьяка.

1) Напишите уравнения реакций получения мышьяка, если сначала ведут обжиг руд, содержащих As_4S_4 , а затем образующееся соединение мышьяка (III) восстанавливают углем.

2) Какая масса угля потребуется для получения данной массы мышьяка, если массовая доля выхода продукта этой реакции составляет 90 %?

3) Какая масса руды, содержащей 0,3 % мышьяка, подвергается переработке в нашей стране ежегодно для получения данной массы мышьяка? Массовую долю выхода продукта первой реакции считать равной 100 %.

Решение:



2) Определим количество вещества полученного мышьяка

$$n(As) = \frac{m(As)}{M(As)} = \frac{1,5 \cdot 10^9 \text{ г}}{75 \text{ г/моль}} = 2 \cdot 10^7 \text{ моль}$$

По стехиометрическому соотношению количество вещества требующегося угля будет равно

$$n(C) = \frac{3 \cdot 2 \cdot 10^7}{4} = 1,5 \cdot 10^7 \text{ (моль)}$$

А его масса

$$m(C) = M(C) \cdot n(C) = 12 \text{ г/моль} \cdot 1,5 \cdot 10^7 \text{ моль} = 18 \cdot 10^7 \text{ г} = 180 \text{ т}$$

С учетом выхода продукта реакции

$$m_{\text{практ.}}(C) = \frac{180 \text{ т} \cdot 100 \%}{90 \%} = 200 \text{ т}$$



3) Масса руды, содержащей 0,3 % мышьяка, которая должна подвергаться переработке ежегодно для получения данной массы мышьяка с учетом массовой доли выхода второй реакции 90 %, будет определяться как

$$m(\text{руды}) = \frac{1500 \text{ т}}{0,003 \cdot 0,90} = 555555,6 \text{ т}$$

Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 2		
№	Элемент решения	Баллы
1.	Составлено уравнение реакции обжига As_4S_4 .	1
2.	Составлено уравнение реакции восстановления оксида мышьяка (III) углем.	1
3.	Определено количество вещества полученного мышьяка	1
4.	Рассчитано теоретическое количество вещества угля, требующееся для получения мышьяка.	1
5.	Вычислена теоретическая масса угля, необходимая для получения мышьяка.	1
6.	С учетом массовой доли выхода продукта реакции рассчитана практическая масса угля, необходимая для получения 1500 т мышьяка.	1,5
7.	Рассчитана масса руды, перерабатываемой для получения данной массы мышьяка.	1,5
ИТОГО		8



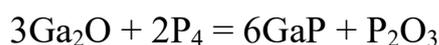
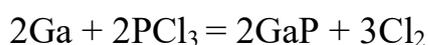
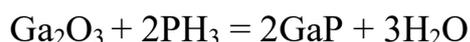
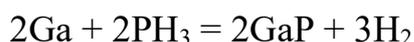
Задача 3.

Использование оптических интегральных схем, в которых данные передаются при помощи света, рассматривается современной наукой как возможность повышения производительности компьютеров. Разработанное для этих целей наноразмерное оптоволокно ученые получили из фосфида галлия (III). Фосфид галлия (III) образуется при высоких температурах непосредственным взаимодействием галлия с парами фосфора. Наряду с этим прямым методом синтеза существуют и другие способы:

- действие фосфина при высоких температурах на металлический галлий или оксид галлия (III);
- действие паров фосфора в смеси с водородом на оксид галлия (III);
- действие хлорида фосфора (III) на галлий;
- взаимодействие фосфора с хлоридом галлия (I) или с оксидом галлия (I), который образуется при нагревании смеси галлия с оксидом галлия (III) .

Составьте уравнения всех восьми описанных выше реакций. При каком из способов получения фосфида галлия количество вещества галлия в образующемся фосфиде будет ниже его количества в используемом реагенте и во сколько раз?

Решение:





При взаимодействии фосфора с хлоридом галлия (I) из шести моль галлия только четыре войдут в состав фосфида, остальные будут в составе хлорида. Количество вещества галлия в фосфиде будет ниже его количества в используемом реагенте в 1,5 раза.

Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 3		
№	Элемент решения	Баллы
1.	Записаны уравнения реакций (по 1 за каждую реакцию).	8
2.	Установлен способ получения фосфида галлия (III), при котором содержание галлия в фосфиде ниже его содержания в исходном реагенте	1
3.	Рассчитано, во сколько раз содержание количества вещества галлия в фосфиде галлия (III) ниже его количества в исходном реагенте – хлориде галлия (I).	1
ИТОГО		10



Задача 4.

Основными компонентами коры ели являются углеродсодержащие органические вещества, при горении которых образуется углекислый газ. Минеральный остаток в виде золы (неорганические вещества) после сжигания коры составляет около 2,2 % от массы коры и включает 0,27 % (по массе) калия. Известно о применении золы в качестве удобрения.

1) Определите, какую массу золы можно получить при сжигании 1 т еловой коры, являющейся отходом целлюлозно-бумажного производства.

2) Сделайте выводы об экономической эффективности и экологической безопасности использования получаемой золы в качестве калийного удобрения с учетом того, что калия должно вноситься около 9 г на 1 м² почвы.

3) На примере карбоната калия, в составе которого калий содержится в древесной золе, объясните, почему водная вытяжка после смешивания золы с водой при добавлении фенолфталеина приобретает малиновую окраску. Ответ подтвердите уравнением реакции.

Решение:

1) Масса минерального остатка, образующегося после сжигания 1 т еловой коры, рассчитывается как

$$m(\text{мин. ост.}) = \omega(\text{мин. ост.}) \cdot m(\text{еловой коры}) / 100 \% = 2,2 \% \cdot 1000 \text{ кг} / 100 \% = 22 \text{ кг.}$$

2) Масса ионов калия в золе, образовавшейся при сжигании 1 т еловой коры

$$m(\text{K}) = \omega(\text{K}) \cdot m(\text{мин. ост.}) / 100 \% = 0,27 \% \cdot 22 \text{ кг} / 100 \% = 0,0594 \text{ кг} = 59,4 \text{ г.}$$

Т. к. для получения рассчитанной массы калия необходимо сжечь 1 т коры, а образовавшейся золы с учетом расхода хватит для внесения на площадь почвы всего

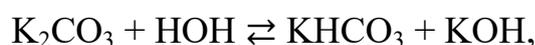
$$S = 59,4 / 9 = 6,6 \text{ (м}^2\text{)},$$



использовать сжигание древесной коры для получения калийного удобрения экономически нецелесообразно.

Кроме того, продуктом горения органических веществ, из которых в основном состоит кора, является углекислый газ – один из основных парниковых газов, приводящих к повышению температуры на планете. А это является экологической проблемой.

3) В водном растворе карбонат калия, являющийся солью слабой угольной кислоты, вступает в реакцию гидролиза



что приводит к образованию щелочи, поэтому водная вытяжка после смешивания золы с водой имеет щелочную реакцию среды и окрашивается в малиновый цвет после добавления индикатора фенолфталеина.

Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 4		
№	Элемент решения	Баллы
1.	Определена масса золы, которую можно получить при сжигании 1 т еловой коры.	1
2.	Рассчитана масса калия в золе.	1
3.	Рассчитана площадь почвы, для обработки которой будет достаточно золы, образовавшейся из одной тонны коры.	1
4.	Сделаны выводы об экономической эффективности использования древесной золы в качестве калийного удобрения.	2
5.	Сделаны выводы об экологической безопасности использования древесной золы в качестве калийного удобрения.	2
6.	Написана реакция гидролиза карбоната калия.	2
7.	Дано объяснение, почему водный раствор золы окрашивается в малиновый цвет при добавлении фенолфталеина.	1
ИТОГО		10



Задача 5.

Каолин ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), применяемый в производстве бумаги, образуется в природе из ортоклаза ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) под действием воды и углекислого газа.

1) Напишите уравнение протекающей при этом реакции, если кроме каолина образуются еще два продукта – поташ и кварц.

2) Какой объем углекислого газа (н. у.) был поглощен ортоклазом из воздуха при образовании каолина на крупнейшем месторождении в Оренбургской области, если его запасы там достигают 400 млн т?

3) Вычислите массовую долю каолина в бумаге, если содержание алюминия в ней составляет 7,5 %, а весь алюминий входит в состав бумаги в виде каолина.

4) Исходя из химического состава, предложите области применения каолина, а также других продуктов реакции его образования из ортоклаза.

Решение:

1) Уравнение реакции образования каолина из ортоклаза:



2) Определим количество вещества образовавшегося каолина

$$n(\text{каолина}) = \frac{m(\text{каолина})}{M(\text{каолина})} = \frac{4 \cdot 10^{14} \text{ г}}{258 \text{ г/моль}} = 1,55 \cdot 10^{12} \text{ моль}$$

По стехиометрическому соотношению количество углекислого газа равно количеству каолина. Тогда объем углекислого газа

$$V(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot V_m = 1,55 \cdot 10^{12} \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 3,47 \cdot 10^{10} \text{ м}^3$$

3) Рассмотрим образец бумаги массой 100 г. Тогда алюминия в нем содержится 7,5 г, что соответствует количеству вещества алюминия

$$n(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{M(\text{Al})} = \frac{7,5 \text{ г}}{27 \text{ г/моль}} = 0,28 \text{ моль}$$

По стехиометрическому соотношению количество вещества каолина в два раза меньше количества вещества алюминия в нем:



$$n(\text{каолина}) = 0,14 \text{ моль},$$

а масса этого количества вещества каолина

$$m(\text{каолина}) = n(\text{каолина}) \cdot M(\text{каолина}) = 0,14 \text{ моль} \cdot 258 \text{ г/моль} = \\ = 36,12 \text{ г}, \text{ что соответствует } 36,12 \text{ \%}.$$

4) Каолин служит сырьем для производства фарфора, фаянса, красок, огнеупорных и косметических изделий. Поташ применяется для изготовления жидкого мыла, тугоплавкого стекла и как калийное удобрение. Кварц используется в оптических приборах, в стекольной промышленности и в ювелирном деле.

Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 5		
№	Элемент решения	Баллы
1.	Составлено уравнение химической реакции образования каолина из ортоклаза.	2
2.	Определено количество вещества каолина и количество вещества поглощенного углекислого газа.	2
3.	Рассчитан объем углекислого газа.	1
4.	Рассчитано количество вещества алюминия в выбранной порции бумаги массой 100 г.	2
5.	Определено количество вещества каолина в рассмотренной порции бумаги.	2
6.	Рассчитана масса каолина в образце бумаги.	1
7.	Определена массовая доля каолина в бумаге.	1
8.	Предложены области применения каолина, среди которых изготовление фарфора, фаянса, красок, огнеупорных и косметических изделий.	2
9.	Предложены области применения поташа, среди которых изготовление жидкого мыла, тугоплавкого стекла и калийного удобрения.	2
10.	Предложены области применения кварца в оптических приборах, в стекольной промышленности и в ювелирном деле.	2
ИТОГО		17