

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии
2023-2024 учебный год
9 класс ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР
(максимально 30 баллов)

Задание 9.1. Газовая смесь (5 баллов)

Какую массу имеет 1 л смеси оксида углерода (II) и оксида углерода (IV) при н.у., если объёмная доля оксида углерода (II) составляет 35%? Ответ подтвердите расчетами. Рассчитайте среднюю молярную массу этой газовой смеси.

Решение:

- 1) 1 л смеси содержит 0,35 л CO и 0,65 л CO₂
- 2) Рассчитаем массу CO: $m(\text{CO}) = (0,35/22,4) \cdot 28 = 0,4375 \text{ г}$
- 3) Рассчитаем массу CO₂: $m(\text{CO}_2) = (0,65/22,4) \cdot 44 = 1,2768 \text{ г}$
- 4) Найдем массу смеси: $m(\text{смеси}) = 0,4375 + 1,2768 = 1,7143 \text{ г}$
- 5) Молярные доли равны объёмным. Рассчитаем молярную массу смеси
 $M(\text{смеси}) = 0,35 \cdot 28 + 0,65 \cdot 44 = 38,4 \text{ г/моль}$

Критерии оценивания

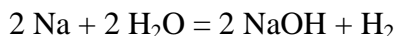
Содержание правильного ответа	Балл
Определены объёмы оксида углерода (II) и оксида углерода (IV)	1
Найдена масса оксида углерода (II)	1
Найдена масса оксида углерода (IV)	1
Найдена масса смеси	1
Рассчитана молярная масса смеси	1
ИТОГО	5 баллов

Задание 9.2. Получение раствора гидроксида натрия (5 баллов)

Какую массу натрия нужно взять, чтобы при взаимодействии с 1 л воды образовался 2%-ный раствор гидроксида натрия? Ответ подтвердите расчетами.

Решение:

Составим уравнение реакции, которая протекает при взаимодействии натрия с водой:



Пусть $n(\text{Na}) = x \text{ моль} = n(\text{NaOH})$, тогда $n(\text{H}_2) = 0,5x \text{ моль}$

Масса натрия равна $m(\text{Na}) = 23x \text{ г}$; гидроксида натрия - $m(\text{NaOH}) = 40x \text{ г}$; водорода - $m(\text{H}_2) = x \text{ г}$

Составляем уравнение и решаем его

$$0,02 = 40x / (1000 + 23x - x)$$

$$x = 0,506 \text{ моль};$$

Находим массу натрия : $m(\text{Na}) = 11,63 \text{ г}$

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
Записано уравнение реакции взаимодействия натрия с водой	1
Для составления уравнения приняты за x моль количества вещества натрия и гидроксида натрия	1
Для составления уравнения определены массы натрия, гидроксида натрия, водорода	1
Составлено уравнение и представлено его решение, найдена масса натрия	2
ИТОГО	5 баллов

Задание 9.3. Карбонат двухвалентного металла (5 баллов)

При прокаливании 1,48 г карбоната двухвалентного металла образовались 1,04 г оксида металла и углекислый газ. Вычислите число молекул выделившегося газа. Карбонат какого металла был взят? Ответ подтвердите расчетами.

Решение:

Составим уравнение разложения карбоната двухвалентного металла:



На основании закона сохранения массы вещества: $m(\text{MeCO}_3) = m(\text{MeO}) + m(\text{CO}_2)$. Отсюда масса и количество вещества углекислого газа равны: $m(\text{CO}_2) = 1,48 - 1,04 = 0,44\text{г}$; $n(\text{CO}_2) = 0,01$ моль.

Рассчитаем число молекул углекислого газа: $N = N_A \cdot n = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 0,01 = 6,02 \cdot 10^{21}$.

Найдем молярную массу карбоната металла:

$n(\text{MeCO}_3) = n(\text{CO}_2) = 0,01$ моль; $M(\text{MeCO}_3) = 1,48/0,01 = 148$ г/моль.

Определим атомную массу металла: $A_r(\text{Me}) = 148 - 12 - 48 = 88$, что соответствует относительной атомной массе стронция, его карбонат SrCO_3 .

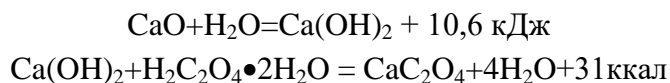
Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
Составлено уравнение реакции разложения карбоната двухвалентного металла	1
Найдены масса и количество вещества углекислого газа	1
Рассчитано число молекул углекислого газа	1
Определена молярная масса карбоната металла	1
Указан металл	1
ИТОГО	5 баллов

Задание 9.4. Химическая грелка (6 баллов)

Ещё в двадцатых годах прошлого столетия в Германии для разогрева пищи в полевых условиях предложили использовать тепло, выделяющееся при гашении водой негашеной извести. Был изготовлен металлический стакан с двойными стенками. Между ними помещали известь, а разогреваемую пищу предполагали помещать внутрь этого стакана.

Однако недостаточно большой тепловой эффект этой реакции помешал на первых порах её практическому применению. Шагом вперёд стало сочетание двух реакций: гашения извести и её нейтрализации. Для этого в известь ввели кристаллогидраты щавелевой кислоты. Реакции в грелке шли по следующей схеме:



С помощью этих двух реакций можно в портативном устройстве получать температуру от 100 до 300 °С. Кроме этого использование кристаллогидратов кислот позволяет запускать грелку небольшим количеством воды. А с очередными порциями негашёной извести будет реагировать вода, выделяющаяся при нейтрализации.

Вопросы:

- 1) В каком массовом соотношении следует смешивать, оксид кальция с кристаллогидратом щавелевой кислоты, для получения максимального теплового эффекта?
- 2) Какой должна быть минимальная масса смеси для получения энергии достаточной для нагревания стакана воды (200 г) от 4 до 100 °С. Теплоемкость воды составляет 4,2 кДж/кг•градус (1 ккал = 4,19 кДж).

Решение:

По уравнениям реакций на 1 моль CaO приходится 1 моль H₂C₂O₄•2H₂O.
Молярные массы веществ: M(CaO) = 56 г/моль; M(H₂C₂O₄•2H₂O) = 126 г/моль.
Найдем массовое соотношение оксида кальция и кристаллогидрата щавелевой кислоты:
m(CaO) : m(H₂C₂O₄•2H₂O) = 56:126 = 1:2,25 = 4:9.

Рассчитаем необходимое количество теплоты:

$$Q = cm\Delta t = 4,2 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{градус)} \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot (100 - 4) \text{ градус} = 80,64 \text{ кДж.}$$

Переведем 31 ккал в кДж: 31 ккал • 4,19 кДж/ккал = 129,89 кДж

В результате двух реакций выделилось 10,6+129,89=140,89 кДж теплоты.

Составим пропорцию:

При взаимодействии 1 моль CaO и 1 моль H₂C₂O₄•2H₂O выделилось 140,89 кДж теплоты, а при взаимодействии x моль CaO x моль H₂C₂O₄•2H₂O выделилось 80,64 кДж теплоты
Найдем количество вещества x = 80,64/140,89 = 0,574 моль

Рассчитаем массы оксида кальция и кристаллогидрата щавелевой кислоты:

$$m(\text{CaO}) = 56 \cdot 0,574 = 32,144 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 126 \cdot 0,574 = 72,324 \text{ г}$$

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
Найдены молярные массы оксида кальция и кристаллогидрата щавелевой кислоты	1
Определено массовое соотношение оксида кальция и кристаллогидрата щавелевой кислоты	1
Рассчитано необходимое количество теплоты	1
Рассчитано количество теплоты, выделившееся в результате двух реакций	1
Составлена и решена пропорция	1

Найдены минимальные массы оксида кальция и кристаллогидрата щавелевой кислоты	1
ИТОГО	6 баллов

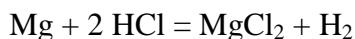
Задание 9.5. Равновесие (9 баллов)

На чашках весов уравновешены две колбы, содержащие по 100 г 21,9%-ного раствора соляной кислоты. В одну колбу внесли 14,4 г магния. Рассчитайте массу мрамора, которую следует внести во вторую колбу, чтобы после окончания реакций весы снова уравновесились.

Решение:

Найдем массу и количество вещества HCl, содержащегося в 100 г 21,9%-ного раствора соляной кислоты: $m(\text{HCl}) = 100 \cdot 0,219 = 21,9$ г; $n(\text{HCl}) = 21,9/36,5 = 0,6$ моль.

Составим уравнение реакции взаимодействия магния с соляной кислотой:



Рассчитаем количество вещества магния: $n(\text{Mg}) = 14,4/24 = 0,6$ моль и выясняем, что магний находится в избытке. Расчет ведем по недостатку (соляная кислота).

Найдем количество вещества выделившегося водорода и его массу:

$n(\text{H}_2) = 0,6/2 = 0,3$ моль; $m(\text{H}_2) = 0,6$ г.

Определим массу раствора: $m(\text{раствора}) = 100 + m(\text{Mg}) - m(\text{H}_2) = 100 + 14,4 - 0,6 = 113,8$ г

Запишем уравнение реакции взаимодействия мрамора с соляной кислотой:



Пусть $n(\text{CaCO}_3) = x$ моль = $n(\text{CO}_2)$; $M(\text{CaCO}_3) = 100$ г/моль; $M(\text{CO}_2) = 44$ г/моль.

Составим уравнение $100 + 100x - 44x = 113,8$ и решим его. Вычислим, что $x = 0,246$ (моль).

Найдем массу мрамора: $m(\text{CaCO}_3) = 100 \cdot 0,246 = 24,6$ г.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
Найдена масса и количество вещества HCl, содержащееся в растворе	1
Составлено уравнение реакции	1
Рассчитано количество вещества магния и выяснено, что он в избытке	1
Найдены количество вещества и масса выделившегося водорода	1
Определена масса раствора	1
Составлено уравнение реакции взаимодействия мрамора с соляной кислотой	1
Составлено уравнение нахождения количества вещества добавленного мрамора и представлено его решение	2
Найдена масса мрамора	1
ИТОГО	9 баллов