

9-1. С какими из перечисленных веществ может реагировать гидроксид натрия? Если реакция возможна, напишите ее уравнение, укажите условия протекания.

Вещества: 1) CO_2 , 2) Fe (сталь), 3) SiO_2 (кварц), 4) Br_2 , 5) Al, 6) NO_2 , 7) H_2O

Решение (13 баллов)

1) $\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{NaHCO}_3$ при избытке углекислого газа

$2 \text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ при избытке щелочи

2) нет реакции

3) $2 \text{NaOH} + \text{SiO}_2 = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ при сплавлении твердых веществ

4) $2 \text{NaOH} + \text{Br}_2 = \text{NaBr} + \text{NaBrO} + \text{H}_2\text{O}$ преобладает при охлаждении раствора

$6 \text{NaOH} + 3 \text{Br}_2 = 5 \text{NaBr} + \text{NaBrO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$ преобладает при нагревании раствора

5) $2 \text{NaOH} + 2 \text{Al} + 6 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3 \text{H}_2$

6) $2 \text{NaOH} + 2 \text{NO}_2 = \text{NaNO}_3 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

7) нет реакции

9-2. Средство против гололеда, применяемое в Москве, реагирует с 20%-ной соляной кислотой. При реакции 10,0 г средства с кислотой выделяется 2,22 л газа (н.у.), который не обесцвечивает раствор перманганата калия. Данное противогололедное средство может реагировать и с 20%-ной серной кислотой с выделением того же газа, но гораздо медленнее.

Определите состав противогололедного средства, напишите уравнения перечисленных реакций. Почему серная кислота реагирует медленнее? На чем основано противогололедное действие данного средства?

Решение (10 баллов)

1) С соляной и серной кислотой выделяется **углекислый газ**.

1 моль углекислого газа выделяется из $10 \times (22,4/2,22) = 100,9$ г средства

Возможно, что было получено не 2,24, а 2,22 л газа из-за **примесей** в исходном веществе.

Лучше всего подходит карбонат с молярной массой 100 – CaCO_3 или KHCO_3 .

В качестве противогололедного средства используют мраморную крошку.

2) $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

реакция идет медленно, потому что CaSO_4 плохо растворим

3) Мраморная крошка препятствует скольжению на льду. По сравнению с гранитной крошкой она не так вредна для механизмов (мрамор мягче гранита).

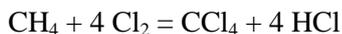
9-3. Один из газов, наличие которого в атмосфере приводит к «парниковому эффекту», способен реагировать с хлором и с кислородом. При реакции с избытком кислорода из 1 л исходного газа получается 1 л другого парникового газа (объем измерен при тех же условиях). 1 л исходного газа может прореагировать с 4 л хлора, при этом образуется жидкость тяжелее воды и 4 л газа, очень хорошо растворимого в воде.

Вычислите массу воды, которая получается при реакции 1 л исходного газа (н.у.) с избытком кислорода. Напишите уравнения реакций.

Решение (7 баллов)

1) Описанным в условии реакциям соответствует **метан**:

$\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$



2) 22,4 л метана при сгорании дает 36 г воды;

тогда из 1 л метана получится $36/22,4 = 1,607$ г воды

9-4. Для выживания в экстремальных условиях выпускают консервы с самоподогревом. Обычно нагрев происходит при добавлении воды к содержащемуся в двойном дне консервной банки оксиду кальция.

При этом происходит реакция: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2 + 64 \text{ кДж}$

За счет тепла реакции вода может закипеть и превратиться в пар.

Вычислите, сколько тепла выделяется из 1 г стехиометрической смеси исходных веществ.

Почему для этих целей не используют реакцию горения термита?

В этой реакции $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} = \text{Al}_2\text{O}_3 + 2 \text{Fe} + 854 \text{ кДж}$

выделяется гораздо больше тепла (можно брать меньше исходных веществ) и нет газообразных продуктов.

Вычислите, сколько тепла выделяется из 1 г стехиометрической смеси исходных веществ.

Какие еще реакции можно использовать для разогрева консервов?

Решение (12 баллов)

1) На 74 г исходных веществ выделяется 64 кДж или **0,865 кДж/г**

2) На 214 г исходных веществ выделяется 854 кДж или **3,991 кДж/г** - в 4,6 раза больше.

Термита можно взять в 4,6 раза меньше, но... Когда тепла выделяется слишком много – даже **при одинаковых скоростях** реакций – возможен перегрев дна консервной банки и продукты «подгорят». Если же реакция горения термита проходит **быстрее**, возможно даже плавление дна консервной банки до того, как нагреется ее содержимое. Причина – скорость тепловыделения значительно превосходит скорость теплоотвода.

Для разогрева консервов подойдут реакции с тепловым эффектом около 1 кДж/г смеси исходных веществ, протекающие за несколько десятков секунд. (**критерий**)

Разумный пример реакции : $\text{CuSO}_4 + \text{Fe} = \text{FeSO}_4 + \text{Cu} + 157 \text{ кДж}$

Смесь безводного сульфата меди и порошка железа может храниться долго; реакция начинается при добавлении к смеси воды. Интересно, что формулировке последнего вопроса условия не противоречит разогрев консервов на костре (реакция горения дров).

9-5. В герметичной комнате с линейными размерами 15 м × 3,5 м × 6 м открыли сосуд с олеумом (раствором оксида серы (VI) в чистой серной кислоте) с массовой долей серной кислоты, равной 90%. Через продолжительное время массовая доля серной кислоты перестала изменяться и стала опять равна 90%.

Определите исходную массу олеума, если известно, что содержание насыщенного водяного пара при этих условиях составляет $17,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$, а относительная влажность воздуха равна 83%.

Решение (10 баллов)

1) Изменение концентрации серной кислоты происходит за счет поглощения паров воды из воздуха олеумом, при этом сначала происходит взаимодействие оксида серы (VI) с водой:



Затем происходит разбавление 100% серной кислоты влагой из воздуха. Количество прореагировавшего SO_3 равно количеству воды, которая вступает в реакцию, и количеству образующейся серной кислоты.

2) Найдем массу воды поглощенной олеумом, она равна массе водяных паров, изначально, присутствующих в герметичной лаборатории:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \varphi \cdot \rho_{\text{нас.пара}} \cdot V_{\text{лаб.}} = 0,83 \cdot 17,3 \text{ г/м}^3 \cdot (15 \text{ м} \cdot 3,5 \text{ м} \cdot 6 \text{ м}) = 4523 \text{ г}$$

3) Пример возможного алгебраического решения:

Пусть масса исходного олеума равна X г, тогда масса оксида серы (VI) равна:

$$m(\text{SO}_3) = \omega(\text{SO}_3) \cdot m(\text{олеум}) = 0,1X,$$

и начальная масса серной кислоты равна $0,9X$:

$$m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = \omega_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m(\text{олеум}) = 0,9X.$$

Количество оксида серы (VI) равно:

$$n(\text{SO}_3) = m(\text{SO}_3) : M(\text{SO}_3) = 0,1X : 80 = 0,00125X \text{ (моль)}.$$

4) Количество образующейся в реакции серной кислоты равно количеству оксида серы (VI):

$$n^{\text{реак}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{SO}_3) = 0,00125X \text{ (моль)}.$$

Её масса равна:

$$m^{\text{реак}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = n^{\text{реак}}(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,00125X \cdot 98 = 0,1225X \text{ (г)}.$$

5) После завершения процесса масса получившегося раствора серной кислоты равна:

$$m^{\text{р-р}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{олеум}) + m(\text{H}_2\text{O}) = X + 4523 \text{ (г)},$$

а масса серной кислоты в полученном растворе равна:

$$m_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) + m^{\text{реак}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,9X + 0,1225X = 1,0225X \text{ (г)}.$$

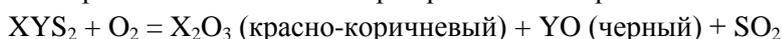
6) Зная, что массовая доля серной кислоты составляет 90% от полученного раствора, можно записать:

$$m^{\text{р-р}}(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \omega_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = m_2(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$0,9(X + 4523) = 1,0225X$$

При решении этого уравнения получаем, что $X = 33230 \text{ г} = \mathbf{33,32 \text{ кг}}$.

9-6. Красивый тяжелый минерал разлагается при обжиге в избытке кислорода:



Из 9,2 г исходного минерала получается 4,0 г красно-коричневого продукта и 4,0 г черного продукта.

Какой объем сернистого газа (н.у.) образуется из 9,2 г минерала?

Сколько г соли серной кислоты можно получить из 4,0 г черного продукта? Какой цвет имеет эта соль серной кислоты?

Решение (10 баллов)

1) Из 9,2 г сульфида двух элементов получается 2 оксида:



Задача аналогична заданию интернет-тура (там были сульфиды железа).

В 2 моль исходного сульфида 4 серы заменяются на 5 кислорода. Разница масс оксидов и сульфидов (1,2 г) соответствует $32 \times 4 - 16 \times 5 = 48$ у.е.

Тогда молярная масса сульфида $9,2(48/1,2)/2 = 184$, на серу в нем приходится 64, на 2 элемента 120. По формулам и цветам оксидов подходит пара медь-железо.



Исходный минерал – халькопирит.

Из 184 г минерала выделяется 44,8 л сернистого газа, тогда из 9,2 г: $44,8(9,2/184) = \mathbf{2,24 \text{ л}}$

2) 4,0 г оксида меди (II) соответствуют $4/80 = 0,05$ моль

Из этого количества оксида может быть получено 0,05 моль

соли белого цвета CuSO_4 или 8,0 г.

Масса кристаллогидрата этой соли $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ голубого цвета равна **12,5 г**