

## Московская химическая олимпиада

9 класс

2013/14 уч. год (Всего 62 балла)

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

Вещества: 1)  $\text{CO}_2$ , 2) Fe (сталь), 3)  $\text{SiO}_2$  (кварц), 4)  $\text{Br}_2$ , 5) Al, 6)  $\text{NO}_2$ , 7)  $\text{H}_2\text{O}$

9-1. 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?

9-2. 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 –  $\text{CaCO}_3$  или  $\text{KHCO}_3$ .

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  $\text{CaSO}_4$  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.

9-3. Решение (7 баллов)

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

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

$\text{CH}_4 + 4 \text{Cl}_2 = \text{CCl}_4 + 4 \text{HCl}$

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

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?

9-4. 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 :  $\text{CuSO}_4 + \text{Fe} = \text{FeSO}_4 + \text{Cu} + 157 \text{ кДж}$

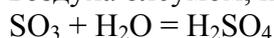
Смесь безводного сульфата меди и порошка железа может храниться долго; реакция начинается при добавлении к смеси воды. Интересно, что формулировке последнего вопроса условия не противоречит разогрев консервов на костре (реакция горения дров).

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%.

9-5. 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  $\text{SO}_3$  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:

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

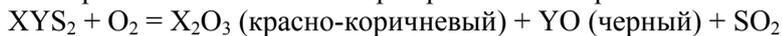
б) Зная, что массовая доля серной кислоты составляет 90% от полученного раствора, можно записать:

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

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

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:



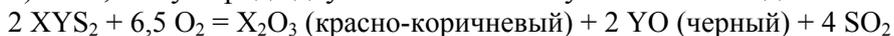
Из 9,2 г исходного минерала получается 4,0 г красно-коричневого продукта и 4,0 г черного продукта.

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?

9-6. Решение (10 баллов)

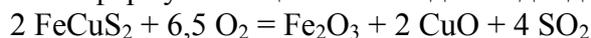
1) Из 9,2 г сульфида двух элементов получается 2 оксида:



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

В 2 моль исходного сульфида 4 серы заменяются на 5 кислородов. Разница масс оксидов и сульфидов (1,2 г) соответствует  $32x4 - 16x5 = 48 \text{ у.е.}$

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  $4/80 = 0,05 \text{ моль}$

Из этого количества оксида может быть получено 0,05 моль

**соли белого цвета  $\text{CuSO}_4$  или  $\mathbf{8,0 \text{ г}}$ .**

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