

### Задача 9.1.

Запишем уравнения протекающих реакций и уравнение реакции в общем виде:



Исходная масса карбонатов (1 моль):

$$(M(\text{Me}) + 60) \text{ г}$$

Масса полученных хлоридов (1 моль):

$$(M(\text{Me}) + 71) \text{ г}$$

Уменьшение массы солей

$$(M(\text{Me}) + 71) - (M(\text{Me}) + 60) = 11 \text{ г.}$$

Для 1 моль  $\text{MeCO}_3$  потребуется 2 моль  $\text{HCl}$ , при этом увеличение массы составит 11 г.

Тогда при увеличении массы на 3,3 г потратится:

$$0,3 \text{ моль } \text{MeCO}_3 \text{ и } 0,6 \text{ моль } \text{HCl}$$

Масса израсходованной соляной кислоты:

$$m(\text{HCl}) = 0,6 \cdot 36,5 = 21,9 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) = 21,9 / 0,2 = 109,5 \text{ г}$$

В результате реакции выделится 0,3 моль  $\text{CO}_2$ , или – 6,72 л.

3. Количество вещества солей, вступивших в реакцию суммарно составляет 0,3 моль. Смесь может иметь любой состав от 0,3 моль  $\text{CaCO}_3$  (30 г) до 0,3 моль  $\text{BaCO}_3$  (59,2 г).

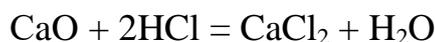
### Оценивание:

Уравнения реакций (по 2 балла)	4 балла
Расчет массы раствора соляной кислоты	10 баллов
Расчёт объёма $\text{CO}_2$	2 балла
Обоснование и расчёт возможной массы исходной смеси	4 балла
<b>Итого:</b>	<b>20 баллов</b>

### Задача 9.2.



Полученный оксид растворяется в кислоте:



$$n(\text{CaO}) = 0,4 \text{ моль}$$

Кислоты на реакцию с оксидом необходимо 0,8 моль, однако её затрачено 1,1 моль –  $(251 \cdot 0,16) = 40,16 \text{ г HCl}$ .

Так как кислоты оказалось потрачено больше на 0,3 моль, чем необходимо на реакцию с оксидом, это значит в продуктах горения, помимо оксида кальция, присутствует ещё какое-то соединение. Исходя из высокой активности кальция и наличия в атмосфере азота, это может быть нитрид кальция. Который тоже может образоваться при горении кальция на воздухе.

Запишем уравнения реакций горения и растворения продуктов горения в кислоте:

- 1)  $2\text{Ca} + \text{O}_2 = 2\text{CaO}$
- 2)  $3\text{Ca} + \text{N}_2 = \text{Ca}_3\text{N}_2$
- 3)  $\text{CaO} + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 4)  $\text{Ca}_3\text{N}_2 + 8\text{HCl} = 3 \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$

В сухом остатке будут присутствовать хлорид кальция и хлорид аммония.

### Оценивание:

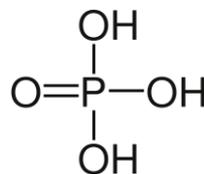
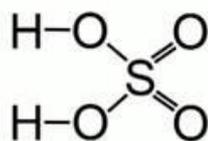
Расчёт количества вещества кальция и соляной кислоты	2 балла
Обоснование избытка соляной кислоты наличием второго продукта горения	2 балла
Запись уравнений реакций 1-3 (по 3 балла)	9 баллов
Запись уравнения 4	5 баллов
Состав сухого остатка	2 балла
<b>Итого:</b>	<b>20 баллов</b>

### Задача 9.3.

1. Для получения одной из кислот используется простое твердое вещество красного цвета – это фосфор, значит одна из кислот – это фосфорная, слабая кислота, бесцветное кристаллическое вещество. Второй элемент относится к VIa группе ПС. Анализируем кислородсодержащие кислоты VIa группы в высшей степени окисления:  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – сильная кислота, тяжелая маслянистая жидкость;  $\text{H}_2\text{SeO}_4$  и  $\text{H}_2\text{TeO}_4$  – кристаллические вещества. Значит, второй элемент – сера, а кислота – серная.

Молярная масса обеих кислот – 98 г/моль.

2. Структурные формулы кислот:



3. Расчет массовых долей элементов:

В  $\text{H}_3\text{PO}_4$ :

$$\omega(\text{H}) = \frac{1 \cdot 3}{98} \cdot 100\% = 3,06\%$$

$$\omega(\text{P}) = \frac{31}{98} \cdot 100\% = 31,63\%$$

$$\omega(\text{O}) = \frac{4 \cdot 16}{98} \cdot 100\% = 65,31\%$$

В  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :

$$\omega(\text{H}) = \frac{1 \cdot 2}{98} \cdot 100\% = 2,04\%$$

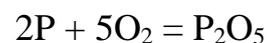
$$\omega(\text{P}) = \frac{32}{98} \cdot 100\% = 32,65\%$$

$$\omega(\text{O}) = \frac{4 \cdot 16}{98} \cdot 100\% = 65,31\%$$

4. Получение фосфорной кислоты:



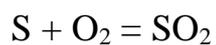
или



или

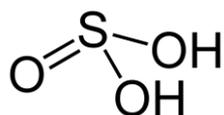


Получение серной кислоты:

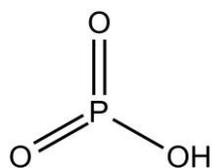


5. Другие кислородсодержащие кислоты серы и фосфора:

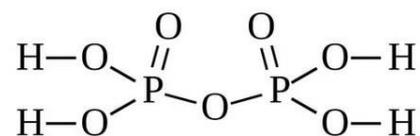
Сернистая кислота –  $H_2SO_3$



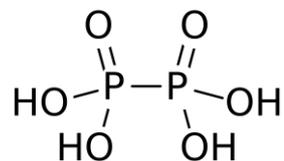
Метафосфорная кислота –  $HPO_3$



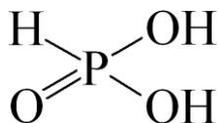
Дифосфорная (пирофосфорная) кислота –  $H_4P_2O_7$



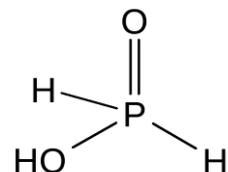
Фосфорноватая кислота –  $H_4P_2O_6$



Фосфористая кислота –  $H_3PO_3$



Фосфорноватистая кислота –  $H_3PO_2$

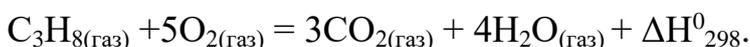


### Оценивание:

Определение кислот	2 балла
Структурные формулы по 2 балла	4 балла
Расчет массовых долей элементов	3 балла
Получение кислот: H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	2 балла
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4 балла
Другие кислоты серы и фосфора	5 баллов
<b>Итого:</b>	<b>20 баллов</b>

### Задача 9.4.

1. В калориметре протекает следующая реакция:



2. Используя следствие из закона Гесса, определим тепловой эффект реакции:

$$\Delta\text{H}^0_{298} = (3\Delta\text{H}^0_{298(\text{образ})}(\text{CO}_2) + 4\Delta\text{H}^0_{298(\text{образ})}(\text{H}_2\text{O})) - (\Delta\text{H}^0_{298(\text{образ})}(\text{C}_3\text{H}_8) + 5\Delta\text{H}^0_{298(\text{образ})}(\text{O}_2)) = (3 \cdot (-393,51) + 4 \cdot (-241,82)) - ((-103,90) + 5 \cdot 0) = -2043,91 \text{ (кДж)}.$$

Полученное значение соответствует сгоранию 1 моль пропана. По условию задачи было взято  $n = \frac{V}{22,4} = 5,6/22,4 = 0,25$  (моль),

следовательно, количество выделившейся в результате реакции теплоты равно  $2043,91 \cdot 0,25 = 510,98$  (кДж).

3. Теплота образования — это количество теплоты, которое поглощается или выделяется при образовании 1 моль сложного вещества из простых веществ при стандартных условиях. (*Теплоты образования простых веществ приняты равными нулю.*)

4. Согласно стехиометрическим коэффициентам в уравнении реакции  $n(\text{CO}_2) = 0,75$  моль,  $n(\text{H}_2\text{O}) = 1$  моль.

5. Разница между числом молей продуктов реакции и исходных веществ равна  $(3+4) - (5+1) = 1$ . Значит, давление внутри калориметра возрастает.

**Оценивание:**

Термохимическое уравнение	5 баллов
Без указания агрегатных состояний	3 балла
Определение количества выделившейся в результате реакции теплоты	6 баллов
Если не учтено количество взятого пропана	4 балла
Определение понятия «теплота образования»	4 балла
Определение количества вещества CO <sub>2</sub> и H <sub>2</sub> O по 1 баллу	2 балла
Верный ответ с обоснованием	3 балла
<b>Итого:</b>	<b>20 баллов</b>

**Задача 9.5.**

Рассчитаем массу катионов натрия в каждом растворе:

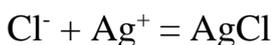
$$1). m(\text{Na}^+) = (40 \cdot 0,4 / 1000) \cdot M(\text{Na}^+) = 0,016 \cdot M(\text{Na}^+) = 0,368 \text{ (г)}.$$

$$2). m(\text{Na}^+) = (50 \cdot 0,8 / 100 \cdot 58,5) \cdot M(\text{Na}^+) = 0,007 \cdot M(\text{Na}^+) = 0,161 \text{ (г)}.$$

$$3). m(\text{Na}^+) = 2 \cdot (50 \cdot 0,3 / 1000) \cdot M(\text{Na}^+) = 0,03 \cdot M(\text{Na}^+) = 0,690 \text{ (г)}.$$

Наименьшая масса катиона натрия в растворе хлорида натрия.

Следовательно, качественная реакция была проведена на хлорид-ион по уравнению:

**Оценивание:**

Расчет массы катионов в каждом растворе (оценивается любой способ правильного расчета) 4 балла	12 баллов
Указание на раствор с наименьшей массой катионов натрия и определяемый анион	4 балла
Уравнение реакции в ионном виде	4 балла
<b>Итого:</b>	<b>20 баллов</b>