

## Решения заданий теоретического тура РХО -2002 для 9 класса

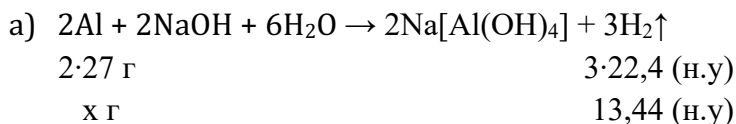
### №9-1-2002респ.

Допишите уравнения химических реакций и подберите стехиометрические коэффициенты.

- 1)  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 5\text{C} + 3\text{SiO}_2 \rightarrow 3\text{CaSiO}_3 + 2\text{P} + 5\text{CO}$
- 2)  $6\text{P} + 5\text{KClO}_3 \rightarrow 5\text{KCl} + 3\text{P}_2\text{O}_5$
- 3)  $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow 2\text{CuO} + 4\text{NO}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$
- 4)  $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{FeCl}_3$
- 5)  $3\text{BaO}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{BaSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}_2$
- 6)  $3\text{CuS} + 8\text{HNO}_3 \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 3\text{S}\downarrow + 2\text{NO}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$
- 7)  $\text{KClO}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + 3\text{Cl}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$
- 8)  $\text{S} + 6\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 6\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- 9)  $3\text{Na}_2\text{S} + 2\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{S} + 2\text{MnO}_2\downarrow + 6\text{NaOH} + 2\text{KOH}$
- 10)  $3\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
- 11)  $6\text{NaOH} + 3\text{S} (\text{нагрев.}) \rightarrow 2\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 12)  $3\text{KOH} + \text{P}_4 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PH}_3 + 3\text{KH}_2\text{PO}_2$
- 13)  $3\text{C} + \text{S} + 2\text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{S} + \text{N}_2\downarrow + 3\text{CO}_2\uparrow$
- 14)  $2\text{ClO}_2 + 2\text{KOH} \rightarrow \text{KClO}_3 + \text{KClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

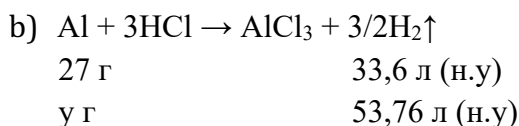
### №9-2-2002респ.

Эта задача требует очень внимательного прочтения условия. Реакция прокаливания исходной смеси без доступа воздуха (алюмотермия), в результате которой  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  восстанавливается до металлического железа. Но железо не реагирует с раствором  $\text{NaOH}$ . Значит, после алюмотермии остается избыток непрореагировавшего алюминия. Запишем уравнение его реакции с раствором  $\text{NaOH}$  и определим массу оставшегося алюминия:

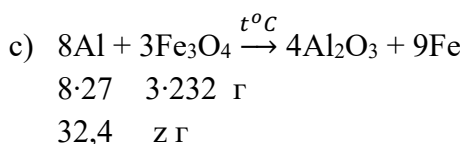


Находим, что  $x=10,8$  г, это остаток  $\text{Al}$  после алюмотермии.

Напротив, в реакции исходной смеси с соляной кислотой объем выделившегося газа, равный 53,76 л (н.у), соответствует общему количеству алюминия в исходной смеси. ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$  хоть и растворяется в  $\text{HCl}$ , но газ при этом не выделяется) Запишем уравнение реакции:

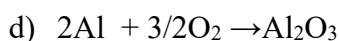


Определим, что  $y = 43,2$  г. Эта масса всего алюминия в исходной смеси. Следовательно в реакции алюмотермии прореагировало  $43,2 - 10,8 = 32,4$  г алюминия. Теперь запишем уравнение этой реакции:



Определим, что  $z = 104,4$  г, и это масса  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  в исходной смеси. Общая масса исходной смеси составит  $104,4 + 43,2 = 147,6$  г, а массовые доли равны:  $\text{Al} - 29,27\%$ ,  $\text{Fe} - 70,73\%$ .

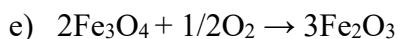
Теперь займемся вторым вопросом задания. Запишем уравнения реакции окисления компонентов исходной смеси:



$$2 \cdot 27 \text{ г} \quad 3,36 \text{ л (н.у)}$$

$$43,2 \text{ г} \quad V_1$$

$$V_1 = 26,88 \text{ л}$$



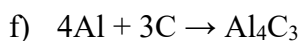
$$2 \cdot 232 \text{ г} \quad 11,2 \text{ л (н.у)}$$

$$104,4 \text{ г} \quad V_2$$

$$V_2 = 2,52 \text{ л}$$

Общий объем кислорода, необходимый для проведения реакции (d) и (e), составит:  $V_1 + V_2 = 26,88 + 2,52 = 29,4$  л при н.у

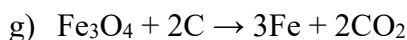
Теперь запишем уравнения реакции компонентов исходной смеси с углеродом:



$$4 \cdot 27 \text{ г} \quad 3 \cdot 12 \text{ г}$$

$$43,2 \text{ г} \quad a \text{ г}$$

$$a = 14,4 \text{ г}$$



$$232 \text{ г} \quad 2 \cdot 12 \text{ г}$$

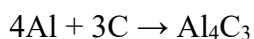
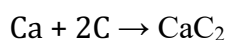
$$104,4 \text{ г} \quad b \text{ г}$$

$$b = 10,8 \text{ г}$$

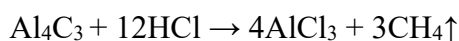
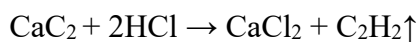
общая масса углерода необходимая для проведения реакций (f) и (g), составит  $a + b = 14,4 + 10,8 = 25,2$  г.

### №9-3-2002респ.

При реакции металлов с углеродом образуются карбиды металлов. Уравнение реакции:



При обработке смеси соляной кислотой происходят следующие реакции:



Пусть в исходной смеси содержалось  $x$  моль  $\text{Ca}$  и  $y$  моль  $\text{Al}$ , тогда масса исходной смеси равна:

$$40x + 27y = 18,8 \text{ г} \quad (1)$$

Общее количество газа равно

$$n(\text{газы}) = 11,2 / 22,4 = 0,5 \text{ моль}$$

согласно уравнение реакции общее количество газов будет равно

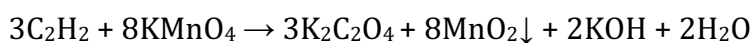
$$x + 3/4y = 0,5 \text{ моль} \quad (2)$$

решая систему уравнений (1) и (2) получаем

$$x = 0,2 \text{ моль}$$

$$y = 0,4 \text{ моль}$$

при пропускании смеси газов через раствор перманганата калия поглощаться будет только ацетилен.



$$0,2 \text{ моль}$$

$$m(\text{KMnO}_4) = w(\text{KMnO}_4) \cdot V \cdot d / 100 = 10 \cdot 1000 \cdot 1,1 / 100 = 110 \text{ г}$$

$$n(\text{KMnO}_4) = m(\text{KMnO}_4) / M(\text{KMnO}_4) = 110 / 158 = 0,696 \text{ моль}$$

Перманганат калия находится в избытке по отношению к ацетилену.

Количества веществ после реакции составит:

$$n(\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(\text{MnO}_2) = 0,533 \text{ моль}$$

$$n(\text{KOH}) = 0,133 \text{ моль}$$

$$n(\text{KMnO}_4) = 0,696 - 0,2 \cdot 8 / 3 = 0,163 \text{ моль}$$

Масса раствора после реакции составит:

$$m(\text{раствор}) = m_{\text{р-р}}(\text{KMnO}_4) + m(\text{C}_2\text{H}_2) - m(\text{MnO}_2) = 1100 + 0,2 \cdot 26 - 0,533 \cdot 87 = 1058,83 \text{ г}$$

$$w(\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 0,3 \cdot 166 / 1058,83 \cdot 100 = 4,7\%$$

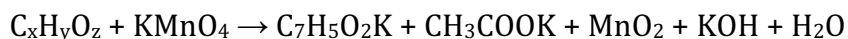
$$w(\text{KOH}) = 0,133 \cdot 56 / 1058,83 \cdot 100 = 0,7\%$$

$$w(\text{KMnO}_4) = 0,163 \cdot 158 / 1058,83 \cdot 100 = 2,43\%$$

#### №9-4-2002респ.

Судя по результатам, здесь проходила реакция окисления какого-то гомолога бензола, в результате которой образовались бензойная и уксусная кислоты, а также гидроксид калия, которые затем прореагировали друг с другом.

Запишем уравнением реакции и определим соотношение реагентов в молях:



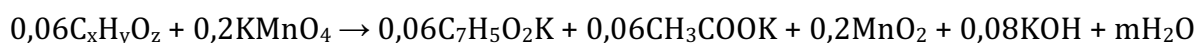
$$n(C_6H_5COOK) = m(C_6H_5COOK) / M(C_6H_5COOK) = 9,6 / 160 = 0,06 \text{ моль}$$

$$n(CH_3COOK) = m(CH_3COOK) / M(CH_3COOK) = 5,88 / 98 = 0,06 \text{ моль}$$

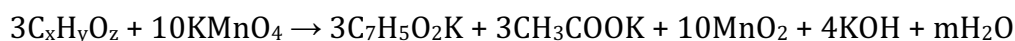
$$n(MnO_2) = m(MnO_2) / M(MnO_2) = 17,4 / 87 = 0,2 \text{ моль}$$

$$n(KOH) = m(KOH) / M(KOH) = 4,48 / 56 = 0,08 \text{ моль}$$

теперь возьмем соотношение



или



Из уравнения реакции следует

$$3x = 21 + 6, \text{ откуда } x = 9$$

$$3y = 28 + 2m \quad (1)$$

$$3z = m - 4 \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1) и (2) получаем

$$y - 2z = 12$$

при  $z=1$   $y=14$ , тогда формула неизвестного вещества рана  $C_9H_{14}O$ , из формулы видно, что количество водорода слишком завышено. Единственное решение возможно если  $z=0$ , тогда соединение имеет формулу  $C_9H_{14}$ . Из двух возможных изомеров задаче удовлетворяет  $C_6H_5CH_2CH_2CH_3$ .

Тогда уравнение реакции:



### №9-5-2002респ.

Определим массу гидроксида натрия в исходном растворе:

$$m(NaOH) = \frac{w(NaOH) \cdot m(p - pa)}{100\%} = \frac{6 \cdot 50}{100} = 3 \text{ г}$$

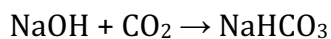
Масса воды в растворе равна разнице масс раствора гидроксида натрия:

$$m(H_2O) = m(p - pa) - m(NaOH) = 50 - 3 = 47 \text{ г}$$

Рассчитаем количество гидроксида натрия:

$$n(NaOH) = \frac{m(NaOH)}{M(NaOH)} = \frac{3}{40} = 0,075 \text{ моль}$$

Гидроксид натрия с избытком оксида углерода реагирует по уравнению:



Согласно уравнению реакции

$$n(\text{NaOH}) = n(\text{NaHCO}_3) = 0,075 \text{ моль}$$

рассчитываем массу образовавшегося гидрокарбоната натрия

$$m(\text{NaHCO}_3) = n(\text{NaHCO}_3) \cdot M(\text{NaHCO}_3) = 0,075 \cdot 84 = 6,3 \text{ г}$$

определяем массу растворенного гидрокарбоната натрия после охлаждения раствора до 0оС, учитывая, что в растворе содержится 47 г воды. Для этого составляем пропорцию:

в 100 воды растворяется 6,9г  $\text{NaHCO}_3$

в 47 г x г  $\text{NaHCO}_3$

$$x = m_2(\text{NaHCO}_3) = \frac{6,9 \cdot 47}{100} = 3,24 \text{ г}$$

Масса осадка равна разнице масс гидрокарбоната натрия, образовавшегося в результате реакции и растворенного:

$$m(\text{осадка}) = m_1(\text{NaHCO}_3) - m_2(\text{NaHCO}_3) = 6,3 - 3,24 = 3,06 \text{ г}$$

### №9-6-2002респ.

Рассчитаем массу нитрата свинца в исходно растворе:

$$m_1(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = \frac{w_1(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) \cdot m_1(\text{p} - \text{ра})}{100\%} = \frac{5 \cdot 800}{100} = 40 \text{ г}$$

Вычисляем массу конечного раствора:

$$m_2(\text{p} - \text{ра}) = 800 - 14,2 = 785,8 \text{ г}$$

находим массу нитрата свинца в конечном растворе:

$$m_2(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = \frac{w_2(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) \cdot m_2(\text{p} - \text{ра})}{100\%} = \frac{0,88 \cdot 785,8}{100} = 6,9 \text{ г}$$

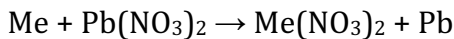
Масса нитрата свинца, вступившего в реакцию, равна разности масс нитрата свинца в исходном и конечном растворах:

$$m_3(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = m_1(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) - m_2(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 40 - 6,9 = 33,1 \text{ г}$$

Вычислим его количество:

$$n(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = \frac{m_3(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)}{M(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)} = \frac{33,1}{331} = 0,1 \text{ моль}$$

Записываем уравнение реакции



Определяем количество образовавшегося свинца.

Согласно уравнению реакции

$$n(\text{Pb}) = n(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 0,1 \text{ моль}$$

Рассчитываем массу образовавшегося свинца:

$$m(\text{Pb}) = n(\text{Pb}) \cdot M(\text{Pb}) = 0,1 \cdot 207 = 20,7 \text{ г}$$

В результате реакции неизвестный металл растворяется, свинец осаждается. Тогда изменение массы пластинки равно разности масс восстановленного свинца и растворенного металла:

$$\Delta m = m(\text{Pb}) - m(\text{Me})$$

Переписываем уравнение

$$m(\text{Me}) = m(\text{Pb}) - \Delta m$$

и подсчитываем численные значения (по условию  $\Delta m = 14,2 \text{ г}$ )

$$m(\text{Me}) = 20,7 - 14,2 = 6,5 \text{ г}$$

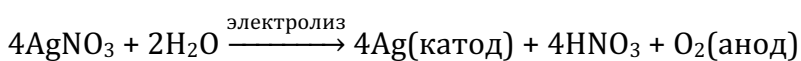
Определим количество неизвестного металла:

$$M(\text{Me}) = \frac{m(\text{Me})}{n(\text{Me})} = \frac{6,5}{0,1} = 65 \text{ г/моль}$$

Следовательно, неизвестный металл – цинк.

### №9-7-2002респ.

При электролизе раствора нитрата серебра происходит реакция:

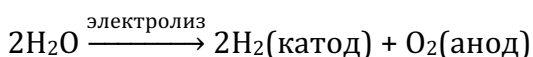


$$n(\text{AgNO}_3) = w(\text{AgNO}_3) \cdot m(\text{р-ра}) / (100 \cdot M(\text{AgNO}_3)) = 10 \cdot 170 / (170 \cdot 100) = 0,1 \text{ моль}$$

пусть электролизу подверглось  $x$  моль  $\text{AgNO}_3$ , тогда можно составить следующее уравнение

$$w(\text{HNO}_3) = \frac{63 \cdot x}{170 - 108x - 8x} = 0,05$$

Решая уравнение получаем  $x = 0,124$  моль, но у нас всего лишь 0,1 моль  $\text{AgNO}_3$ . Значит, помимо нитрата серебра электролизу подвергается и вода.



Пусть разложилось  $y$  моль воды, тогда

$$w(\text{HNO}_3) = \frac{63 \cdot 0,1}{170 - 108 \cdot 0,1 - 32 \cdot 0,025 - 18y} = 0,05$$

Решив уравнение, получаем  $y=1,822$  моль.

Количество выделившегося кислорода равно:

$$n(\text{O}_2)=0,1/4+0,1822/2=0,116 \text{ моль}$$

$$V(\text{O}_2)=22,4 \cdot 0,116 = 2,6 \text{ л}$$