

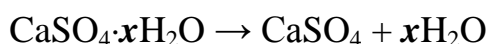
### Девятый класс

В задании теоретического тура входит 6 задач, каждая из которых максимально оценивается в 20 баллов. При подсчете рейтинга участников в суммарном балле за теоретический тур учитываются баллы только ПЯТИ задач. Баллы за задачу с минимальным числом баллов не суммируются, то есть за теоретический тур можно получить максимум 100 баллов.

#### **Задача 9-1 (авторы: Дроздов А.А., Андреев М.Н.)**

Из описания свойств (бесцветные вещества и растворы, образование осадка нерастворимого в кислотах сульфата), названия известь и окраски пламени следует, что венская известь содержит кальций. Прокаленный продукт является оксидом или смесью оксидов. Зная, что при действии на соли кальция растворами сульфатов в осадок выделяется сульфат кальция, можно предположить, что вещество **Y** – это гидрат (судя по потере массы при нагревании) сульфата кальция  $\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .

Его гидратный состав можно установить по потере массы при нагревании:



$$v(\text{H}_2\text{O}) = 2.093/18 = 0.1163 \text{ моль};$$

$$v(\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 10 / (136 + 18x) = 0.1163 / x, \text{ откуда } x = 2.$$

Природу катиона в **Y** можно также установить перебором, используя данные о потере массы сульфата. Состав нерастворимого сульфата имеет формулу  $\text{MSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . Тогда молярная масса выпавшего кристаллогидрата  $M_{\text{к.г.}}$  =  $M_{\text{M}} + 96 \text{ г/моль} + x \cdot 18 \text{ г/моль}$ . Следовательно

$$\frac{10\text{г}}{2.093\text{г}} = \frac{M_{\text{M}} + 96 + 18x}{18x}$$

выразим молярную массу металла

$$M_{\text{M}} = \frac{18x \cdot 10\text{г}}{2.093\text{г}} - 96 - 18x = 68x - 96$$

x	1	2	3	4	5
M <sub>M</sub>	-28	40 Ca	108 Ag	176	244 Pu

Только  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  удовлетворяет условию задачи, т.к. двухвалентные серебро и плутоний в описанных условиях образоваться не могут, соответственно,  $\text{Y} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

Тогда,  $\nu(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 934.8/172 = 5.435$  моль. Предполагая, что минерал относится к классу карбонатов (об этом свидетельствует значительная потеря массы при прокаливании, а также то, что продукт прокаливании бурно реагирует с водой), можно рассчитать условное содержание в нем карбоната кальция:

$$m(\text{CaCO}_3) = 5.435 \cdot 100 = 543.5 \text{ г.}$$

Таким образом, минерал содержит  $1000 - 543.5 = 456.5$  г еще «чего-то». Данное количество карбоната кальция даст при прокаливании такое же количество оксида:

$$\nu(\text{CaO}) = \nu(\text{CaCO}_3) \Rightarrow m(\text{CaO}) = 5.435 \cdot 56 = 304.4 \text{ г}$$

А при гашении водой такое же количество гидроксида:

$$\nu(\text{CaO}) = \nu(\text{Ca}(\text{OH})_2) \Rightarrow m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 5.435 \cdot 74 = 402.2 \text{ г}$$

Таким образом, венская известь кроме  $\text{CaO}$  содержит  $521.7 - 304.36 = 217.3$  г, вероятно оксида, который не реагирует с водой, т.к. белый кристаллический продукт помимо гашеной извести содержит  $619.5 - 402.2 = 217.3$  г другого вещества.

Предположим, что в состав минерала **X**, наряду с карбонатом кальция входит карбонат другого металла. Тогда из 456.5 г карбоната металла образуется 217.3 г оксида.

$$\nu(\text{CO}_2) = (456.5 - 217.3) / 44 = 5.436 \text{ моль}$$

Тогда  $M(\text{MCO}_3 \text{ или } \text{M}_2\text{CO}_3) = 456.5/5.436 = 84 \text{ г/моль}$ , что соответствует  $\text{MgCO}_3$ .

Значит формула минерала **X** -  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$  – это *доломит*,

**Y** -  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – *гипс*.

Венская известь содержит CaO и MgO, найдем её состав:

$$m(\text{CaO}) = 304.4 \text{ г}$$

$$m(\text{MgO}) = 217.3 \text{ г}$$

**Состав венской извести:**

$$\omega\%(\text{CaO}) = 58.3\%; \omega\%(\text{MgO}) = 41.7\%$$

**Уравнение реакции с соляной кислотой:**



$$\nu(\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3) = 1/184 = 5.435 \text{ ммоль}$$

$$\nu(\text{HCl}) = 4 \cdot \nu(\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3) = 21.74 \text{ ммоль}$$

$$m(\text{HCl}) = 21.74 \cdot 36.5 = 0.7935 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) = 0.7935/0.2 = 3.968 \text{ г}$$

$$V(\text{HCl}) = 3.968/1.1 = 3.61 \text{ мл}$$

**Система оценивания:**

- |   |           |
|---|-----------|
| 1. Установление правильного состава венской извести   | 4 балла   |
| 2. Определение формул X и Y по 4 балла,<br>тривиальные названия X и Y по 2 балла                                  | 12 баллов |
| 3. Уравнение реакции минерала X с соляной кислотой – 1 балл,<br>Расчет минимального объема раствора HCl – 3 балла | 4 балла   |

**ИТОГО: 20 баллов**

**Задача 9-2 (автор: Кузнецов Д.В.)**

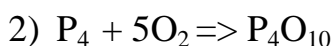
1. Уголь используют в промышленности в качестве восстановителя. В реакции также участвуют оксид кремния и фосфат кальция. Гипотетически элементом X могут быть кальций, фосфор и кремний. Однако кальций не может вступать в указанных условиях в реакцию диспропорционирования (р-ция 4). Указание, что соль Д является сильным восстановителем, образование Л в недостатке хлора указывает на устойчивость соединений в промежуточных степенях окисления (с.о.), что не характерно для кремния. Таким образом, элемент X – это фосфор.

Для фосфора известно несколько аллотропных модификаций устойчивых при невысоких давлениях: белый фосфор, который имеет молекулярное строение, а также красный и черный, имеющие полимерное строение.

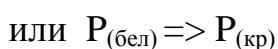
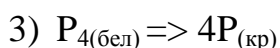
В условиях реакции восстановления углем образуется пары фосфора и из паров осаждаются молекулярный белый фосфор  $P_4$ :



В избытке кислорода фосфор сгорает до высшего оксида:



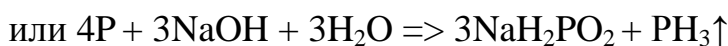
При нагревании белый фосфор переходит в красный, имеющий полимерное строение:



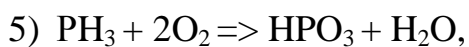
Взаимодействие с водой приводит к диспропорционированию. Из 0.25 г фосфора образуется 45.2 мл фосфина.

$$v(P) = 0.25 / 31 = 0.00807 \text{ моль}; v(PH_3) = 0.0452 / 22.4 = 0.00202 \text{ моль.}$$

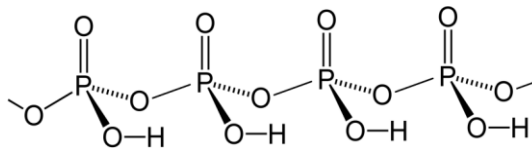
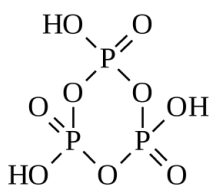
Т.е. из 4 моль фосфора образуется 1 моль фосфина, с.о. фосфора в фосфине «-3», значит в соли Д фосфор находится в с.о. «+1». Соль Д - гипофосфит натрия, её состав можно установить по доле воды в кристаллогидрате (см. ниже):



При горении фосфина фосфор окисляется до высшей с.о. «+5», которой соответствует образующаяся при недостатке воды метафосфорная кислота:



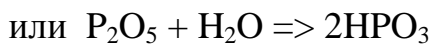
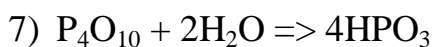
Метафосфорная кислота имеет циклическое или полимерное строение:



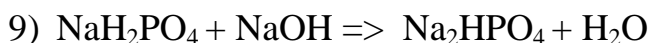
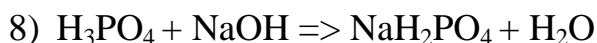
она способна реагировать с избытком воды. Для протекания реакции гидролиза требуется кислая среда, т.к. ионы  $\text{H}^+$  катализируют этот процесс:



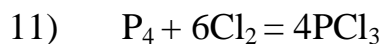
При гидролизе  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  на воздухе образуется метафосфорная кислота:



Реакция нейтрализации фосфорной кислоты протекает в соответствии с основностью в три ступени:



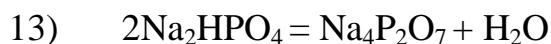
Для фосфора известно два хлорида  $\text{PCl}_5$  и  $\text{PCl}_3$ . В недостатке хлора происходит окисление фосфора только до степени окисления +3:

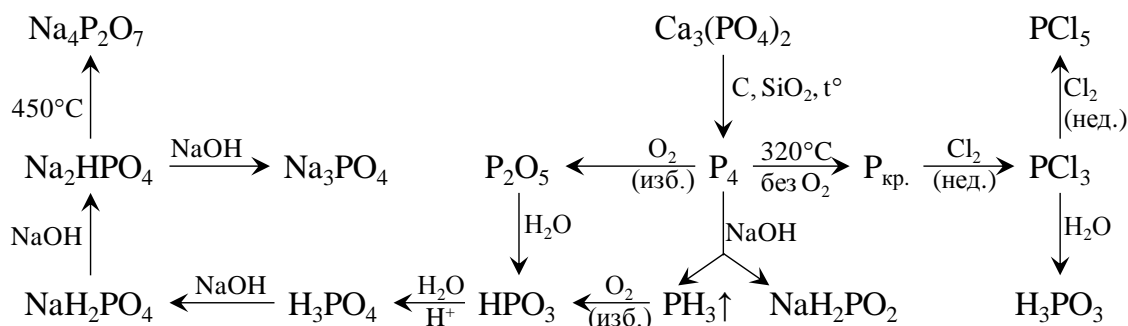


Хлорид фосфора (III) легко гидролизуется водой:



В соли **И** фосфор находится в высшей степени окисления, следовательно диспропорционирование невозможно, а высокая температура в условиях пиролиза необходима для удаления воды:





2. Если соль Д определена верно, состав кристаллогидрата выводится легко:

$$M(\text{NaH}_2\text{PO}_2) = 88 \text{ г/моль. } 18 / (88 + 18x) = 0.1698 ,$$

$$\text{откуда } x = 1 \Rightarrow \text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$$

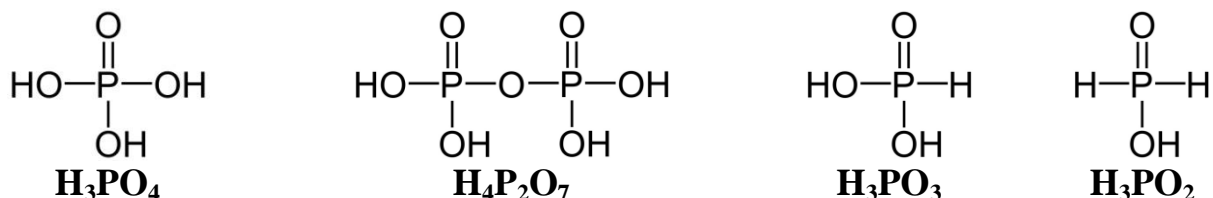
В противном случае данные о потере массы можно использовать для определения состава Д, предположив, что в состав кристаллогидрата входит  $x$  молекул воды можно вычислить его молярную массу:

$$M(\text{Д} \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot x / 0.1698$$

$x$	$M(\text{Д} \cdot x\text{H}_2\text{O})$ , г/моль	$M(\text{Д})$ , г/моль
1	106	88
2	212	176

В состав Д должны входить фосфор и натрий, также могут входить кислород и водород. После вычитания массы кислорода натрия и фосфора из 88 г/моль:  $88 - 16 - 31 - 23 = 18$ , что соответствует ещё одному атому кислорода и двум атомам водорода, таким образом, получаем состав  $\text{NaH}_2\text{PO}_2$ .

3. Структурные формулы кислот:



Основность кислоты в данном случае определяется не просто количеством атомов водорода в формуле, а числом атомов водорода способных к диссоциации в водном растворе. Таковыми являются атомы Н связанные с электроотрицательным кислородом. Электроотрицательность фосфора значительно меньше, чем кислорода, связь Н-Р менее полярна, чем Н-О, а

значит атомы водорода связанные с фосфором не способны принимать участие в диссоциации. Основность кислот по порядку: 3, 4, 2, 1

**Система оценивания:**

1. Элемент X	1 балл
Вещества А – Н по 0.5 балла	6.5 балла
Уравнения реакций по 0.5 балла	6.5 балла
2. Состав кристаллогидрата	1 балл
3. Структурные формулы кислот по 0.5 балла	2 балла
Основность кислот по 0.5 балла	2 балла
Обоснование основности	1 балл
<b>ИТОГО: 20 баллов</b>	

**Задача 9-3 (автор: Долженко В.Д.)**

1. Из рисунка видно, что радиус атома X равен  $\frac{1}{4}$  диагонали грани куба:

$$r(X) = \frac{1}{4} a\sqrt{2} = \frac{\sqrt{2}}{4} 4.0781 \text{ \AA} = 1.442 \text{ \AA}$$

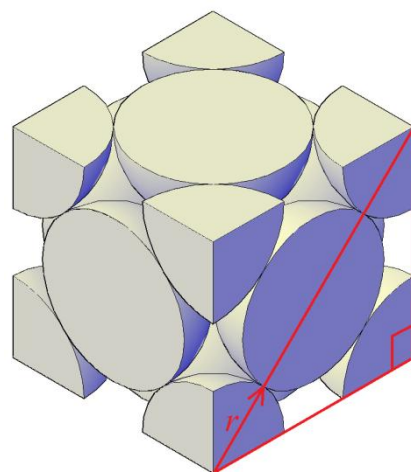
Атомы, расположенные в вершинах куба (8шт) принадлежат одновременно 8 ячейкам. А атомы, расположенные в центре граней (6 шт) только двум. Значит данной ячейке принадлежит:

$$\frac{1}{8} \cdot 8 \text{ шт} + \frac{1}{2} \cdot 6 \text{ шт} = 4 \text{ шт}$$

Масса одного атома равна  $\frac{M_X}{N_A}$ , где  $N_A$  – число Авагадро, а  $M_X$  – молярная масса X. Тогда масса элементарной ячейки  $m = 4 \frac{M_X}{N_A}$ , т.к. в ней содержится 4 атома, а её объём  $V = a^3$ . Плотность вещества:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4M_X}{N_A a^3} = \frac{4M_X}{6.02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} \cdot (4.0781 \cdot 10^{-8} \text{ см})^3} = 0.09797 M_X = 19.30 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$M_X = \frac{19.30}{0.09797} = 197.0 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$



Т.е. металл **X** – это **золото**. Кроме того, золото подходит под описание данное в условии: «желтый благородный металл».

2. Аналогично предыдущему, согласно рисунку в элементарной ячейке содержится один черный атом и  $\frac{1}{8} \cdot 8 \text{ шт} = 1 \text{ шт}$  белых атомов, значит атомы **X** и **Y** содержатся в **Z** в соотношении 1 : 1. Плотность вещества:

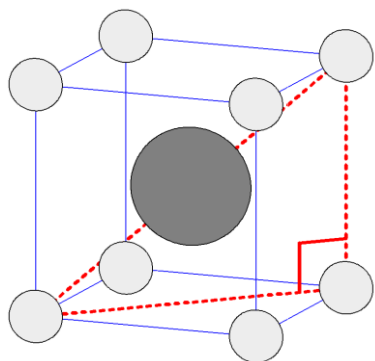
$$\rho = \frac{M_Z}{N_A a^3} = \frac{M_Z}{6.02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} \cdot (4.262 \cdot 10^{-8} \text{ см})^3} = 0.02146 M_Z = 7.08 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$M_Z = \frac{7.08}{0.02146} = 329.9 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$M_Y = 329.9 - 197.0 = 132.9 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Т.е. металл **Y** – это **цезий**, а соединение **Z** – это **CsAu**. Кроме того, цезий подходит под описание данное в условии: «легкоплавкий активный металл золотистого цвета».

3. Т.к. в состав соединения входит самый активный металл, т.е. элемент, атом которого легче всего отдает электроны, логично предположить, что в соединении присутствуют катионы цезия и анионы золота, а т.к. у цезия единственный валентный электрон:  $\text{Cs}^+\text{Au}^-$ , значит по аналогии с хлоридом натрия это соединение должно называться **аурид цезия**.



Расстояние между атомами Cs и Au равно  $\frac{1}{2}$  большой диагонали куба (на рисунке атомы для наглядности уменьшены):

$$r(\text{CsAu}) = \frac{1}{2} a \sqrt{3} = \frac{\sqrt{3}}{2} 4.262 \text{ \AA} = 3.691 \text{ \AA}$$

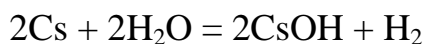
радиус аниона больше радиуса незаряженного атома, а радиус катиона меньше, поэтому можно утверждать, что

$$r(\text{Au}^-) > 1.442 \text{ \AA}$$



$$r(\text{Cs}^+) < (3.691\text{\AA} - 1.442\text{\AA}) = 2.249\text{\AA}$$

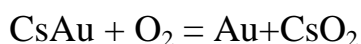
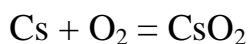
4. Цезий активный металл и реагирует с водой с выделением водорода:



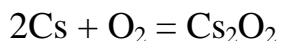
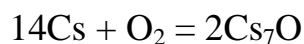
В CsAu цезий восстановительные свойства проявлять не может, но золото в нехарактерной для него степени окисления -1 будет выступать в качестве восстановителя:



Золото с кислородом не реагирует, а цезий и аурид цезия должны легко окисляться избытком кислорода:



В качестве третьей реакции можно записать взаимодействие цезия с недостатком кислорода, с образованием субоксида или пероксида:



**Система оценивания:**

- |  |                  |
|--|------------------|
| 1. Расчет радиуса X – 1 балл   | <b>4 балла</b>   |
| Определение числа атомов в ячейке – 1 балл   |                  |
| Расчет молярной массы X – 1 балл   |                  |
| Определение X по описанию – 1 балл   |                  |
| 2. Определение мольного отношения X:Y – 1 балл   | <b>3 балла</b>   |
| Расчет молярной массы Y – 1 балл   |                  |
| Определение Y по описанию – 1 балл   |                  |
| 3. Определение степеней окисления с обоснованием – 2 балла   | <b>3 балла</b>   |
| Идея, что катионы меньше атомов, а анионы больше – 1 балл  |                  |
| 4. Уравнения реакций Cs и CsAu с водой по 2 балла  | <b>10 баллов</b> |
| Уравнения реакций Cs и CsAu с кислородом по 2 балла  |                  |
| <i>Оцениваются 5 реакций, при наличии абсурдных реакций и верных, сначала оцениваются неверные</i> |                  |

**ИТОГО 20 баллов**

**Задача 9-4 (автор: Пошехонов И.С.)**

Пусть формула минерала **A** –  $\text{Э}_x\text{O}_y$ . По условию  $\omega(\text{O}) = 30.0\%$ , т.е. на неизвестный элемент приходится  $\omega(\text{Э}) = 100 - 30 = 70\%$ . Тогда соотношение числа атомов будет следующим:

$$x : y = \frac{70}{M(\text{Э})} : \frac{30}{M(\text{O})} = \frac{70}{M(\text{Э})} : 1.875 = \frac{37.33}{M(\text{Э})} : 1 = \frac{112}{M(\text{Э})} : 3$$

Отношение  $\frac{112}{M(\text{Э})}$  должно быть натуральным числом, тогда  $M(\text{Э}) = 112 / n$ , где  $n = 1, 2, 3, \dots$

<b>n</b>	1	2	3	4
<b>M(Э)</b>	112	<b>56</b>	37.33	28

Химическому смыслу удовлетворяет единственный вариант  $n = 2$ ,  $M(\text{Э}) = 56$  г/моль, т.е. неизвестный элемент – железо, минерал **A** – гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

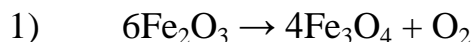
При нагревании оксида железа (III) может происходить только его разложение с выделением единственного газообразного вещества – кислорода, за счет чего увеличивается давление в системе. Объемом твердого вещества по сравнению с объемом воздуха можно пренебречь, поэтому  $V_{\text{воздуха}} = V_{\text{сосуда}} = 1$  л. Поскольку давление увеличилось на 5.6 % (в 1.056 раза) по сравнению с первоначальным, то объем выделившегося кислорода  $V(\text{O}_2) = 1.056 - 1 = 0.056$  л. Его количество и масса соответственно:

$$v(\text{O}_2) = \frac{0.056}{22.4} = 0.025 \text{ моль}; \quad m(\text{O}_2) = 0.025 \cdot 32 = 0.08 \text{ г}$$

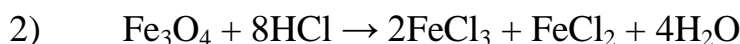
Масса кислорода в исходном  $\text{Fe}_2\text{O}_3$   $m(\text{O}) = 0.3 \cdot 2.4 = 0.72$  г. Следовательно, выделился не весь кислород, а вещество **B** представляет собой другой оксид железа, в котором  $m(\text{Fe}) = 0.7 \cdot 2.4 = 1.68$  г;  $m(\text{O}) = 0.72 - 0.08 = 0.64$  г. Пусть формула вещества **B** –  $\text{Fe}_x\text{O}_y$ , тогда:

$$x : y = \frac{1.68}{56} : \frac{0.64}{16} = 0.03 : 0.04 = 3 : 4$$

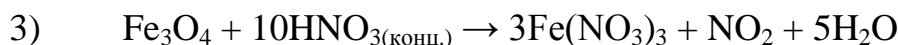
Таким образом, вещество **B** представляет собой смешанный оксид железа  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ ):



Соляная кислота – не окислитель, при взаимодействии со смешанным оксидом будет давать смесь солей двух- и трехвалентного железа:



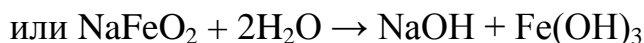
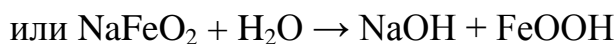
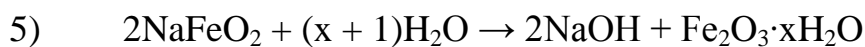
Концентрированная азотная кислота – сильный окислитель, следовательно, она будет переводить все железо в трехвалентное состояние:



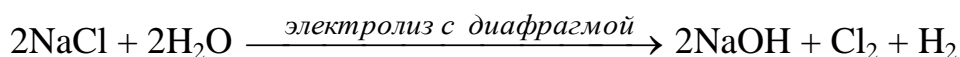
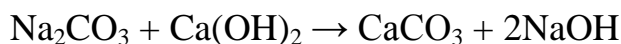
Сплавление гематита с кальцинированной содой (карбонат натрия) приводит к образованию феррита натрия и углекислого газа:



далее феррит натрия гидролизуется водой:



Эта последовательность реакций положена в основу ферритного способа производства гидроксида натрия **NaOH** (соединение С). **Одно из преимуществ** данного метода заключается в том, что осадок гидратированного оксида железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  после отделения его из раствора, можно вновь использовать в процессе сплавления. Таким образом, не требуется дополнительный расход гематита. Существуют альтернативные способы получения гидроксида натрия, например, **известковый** и **электрохимический**:



При расчете максимально возможной массы гидроксида натрия, которую можно получить по ферритному способу следует использовать массу соды, т.к. уже было обозначено выше оксид железа (III) может быть регенерирован и использован повторно:

$$v(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 88 / 106 = 0.83 \text{ моль}$$

$$v(\text{NaOH}) = 0.83 \cdot 2 = 1.66 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaOH}) = 1.66 \cdot 40 = 66.4 \text{ г}$$

**Система оценивания:**

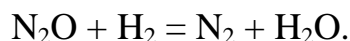
1.	Формула минерала <b>A</b> и его название по 1 баллу	2 балла
2.	Формула соединения <b>B</b> – 1 балл Расчет - 1 балл	2 балла
3.	Уравнения реакций 1 – 5 по 2 балла	10 баллов
4.	Преимущество ферритного способа – 1 балл Известковый и электрохимический способы – по 1 баллу	3 балла
5.	Формула соединения <b>C</b>	1 балл
6.	Расчет максимальной массы <b>C</b> с обоснованием	2 балла
		<b>ИТОГО: 20 баллов</b>

**Задача 9-5 (автор: Ерёмин В.В.)**

1. Начнем с анализа продуктов. В состав воздуха входят в заметных количествах пять веществ –  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $Ar$ ,  $H_2O$  и  $CO_2$ . Из них только  $H_2O$  имеет молярную массу меньше, чем  $11.5 \cdot 2 = 23$  г/моль. Следовательно, один из продуктов –  $H_2O$  (газ при температуре  $200^\circ C$ ).

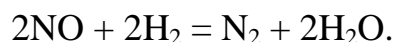
Молярная масса второй смеси – 16 г/моль. Легче – только  $H_2$  и  $He$ , поэтому одно из веществ **B** или **B** – это  $H_2$ . Вещество **B** входит в состав двух самых легких смесей, поэтому можно предположить, что **B** –  $H_2$ .

Стехиометрическое соотношение в каждой реакции неизвестно. Предположим, что в первой реакции оно – простейшее, 1 : 1, тогда  $M(A) + M(B) = 23 \cdot 2 = 46$  г/моль, откуда  $M(A) = 44$  г/моль, это –  $CO_2$  или  $N_2O$ . Но  $CO_2$  в реакциях с водородом не дает двух веществ, входящих в состав воздуха, поэтому **A** –  $N_2O$ . В реакции количество молей не меняется:



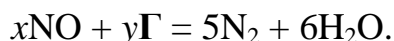
Продукты, входящие в состав воздуха, – азот и вода.

В реакции **B** + **B** образуется смесь  $N_2$  и  $H_2O$ , имеющая среднюю молярную массу  $10.67 \cdot 2 = 21.34$  г/моль. Этой молярной массе соответствует молярное соотношение  $N_2 : H_2O = 1 : 2$ . Отсюда находим уравнение реакции:

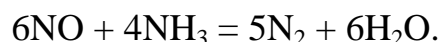


Вещество **В** – NO. Проверяем относительную плотность исходной смеси:  
 $D_{H_2}(NO, H_2) = (0.5 \cdot 30 + 0.5 \cdot 2) / 2 = 8$ , всё верно.

Рассмотрим реакцию **В** + **Г**.  $M_{cp}(N_2, H_2O) = 11.27 \cdot 2 = 22.54$  г/моль. Мольное соотношение  $N_2 : H_2O = (22.54 - 18) : (28 - 22.54) = 5 : 6$ .



Если **Г** не содержит кислорода, то  $x = 6$ , тогда в **Г** на  $10 - 6 = 4$  атома N приходится 12 атомов H, следовательно **Г** – NH<sub>3</sub>. Уравнение реакции:

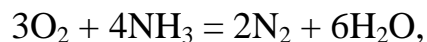


Проверяем относительную плотность исходной смеси:  $D_{H_2}(NO, NH_3) = (0.6 \cdot 30 + 0.4 \cdot 17) / 2 = 12.4$ , все верно.

Итак, **А** – N<sub>2</sub>O, **Б** – H<sub>2</sub>, **В** – NO, **Г** – NH<sub>3</sub>.

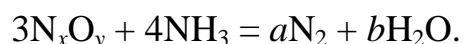
**Примечание:** Возможны и другие рассуждения, которые приводят к правильному ответу, поскольку в таблице имеется достаточно данных. Главное, чтобы ответ был подтверждён расчётами.

2. В соотношении 3 : 4 с аммиаком реагирует кислород:



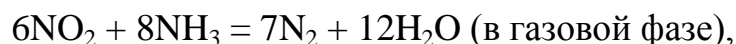
однако в водном растворе эти газы не образуют две соли.

Пусть вещество **Е** содержит кислород и азот:



Из материального баланса по водороду следует  $b = 6$ , следовательно  $3y = 6$ ,  $y = 2$ . Вещество **Е** – NO<sub>2</sub>.

Уравнения реакций:



### Система оценивания

1. Каждое из 4-х веществ и каждое из 3-х уравнений – по 2 **14 баллов** балла. Если расчётов нет, то за вещества – 0 баллов, за реакции всё равно по 2 балла.
2. Вещество **Е** – 2 балла, 2 уравнения реакций – по 2 балла. **6 баллов**

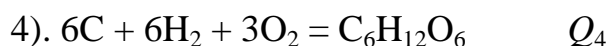
**ИТОГО: 20 баллов**

**Задача 9-6 (автор: Каргов С.И.)**

1. Нужно измерить теплоты сгорания углерода, водорода и глюкозы:



Реакция образования глюкозы



получается комбинацией этих трёх реакций:

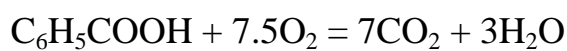
$$(4) = 6 \cdot (1) + 6 \cdot (2) - (3).$$

Соответственно, теплота образования глюкозы будет равна

$$Q_4 = 6 \cdot Q_1 + 6 \cdot Q_2 - Q_3.$$

2.

а). Уравнение сгорания бензойной кислоты:



или



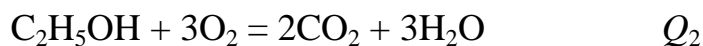
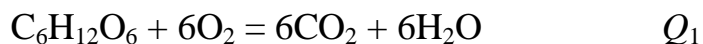
Количество бензойной кислоты:

$$v(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = \frac{0.976 \text{ г}}{122 \text{ г/моль}} = 0.008 \text{ моль.}$$

Теплоёмкость калориметра:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{0.008 \text{ моль} \cdot 3230 \text{ кДж/моль}}{3.69 \text{ К}} = 7.00 \text{ кДж/К.}$$

б). Уравнения сгорания глюкозы и этанола:



Количество глюкозы:

$$v_1 = \frac{1.35 \text{ г}}{180 \text{ г/моль}} = 0.0075 \text{ моль.}$$

Теплота сгорания глюкозы:

$$Q_1 = \frac{C \cdot \Delta T_1}{\nu_1} = \frac{7.00 \text{ кДж/К} \cdot 3.00 \text{ К}}{0.0075 \text{ моль}} = 2800 \text{ кДж/моль.}$$

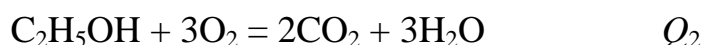
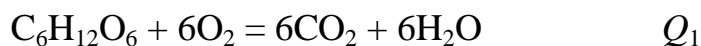
Количество этанола:

$$\nu_2 = \frac{0.644 \text{ г}}{46 \text{ г/моль}} = 0.014 \text{ моль.}$$

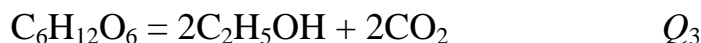
Теплота сгорания этанола:

$$Q_2 = \frac{C \cdot \Delta T_2}{\nu_2} = \frac{7.00 \text{ кДж/К} \cdot 2.74 \text{ К}}{0.014 \text{ моль}} = 1370 \text{ кДж/моль.}$$

в). Комбинацией реакций сгорания глюкозы и этанола



реакцию спиртового брожения глюкозы



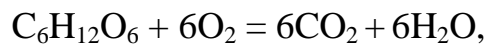
получаем следующим образом:

$$(3) = (1) - 2 \cdot (2).$$

Соответственно, тепловой эффект этой реакции будет равен

$$Q_3 = Q_1 - 2 \cdot Q_2 = 2800 - 2 \cdot 1370 = 60 \text{ кДж/моль.}$$

3. Реакция, описывающая процесс фотосинтеза, представляет собой реакцию, обратную реакции сгорания глюкозы:



поэтому её тепловой эффект будет равен тепловому эффекту реакции сгорания глюкозы с обратным знаком:

$$Q(\text{фотосинтеза}) = -Q(\text{сгорания глюкозы}) = -2800 \text{ кДж/моль.}$$

**Система оценивания**

1. Выбор реакций для измерения – **2 балла** **4 балла**  
Выражение искомого теплового эффекта через тепловые эффекты этих реакций – **2 балла**
2. а). Уравнение сгорания бензойной кислоты – **1 балл** **14 баллов**  
Количество бензойной кислоты – **1 балл**  
Теплоёмкость калориметра – **2 балла**  
б). Уравнения сгорания глюкозы и этанола – по **1 баллу**  
Количества глюкозы и этанола – по **1 баллу**  
Теплоты сгорания глюкозы и этанола – по **1 баллу**  
в). Выражение  $Q_3$  через  $Q_1$  и  $Q_2$  – **2 балла**  
Численное значение  $Q_3$  – **2 балла**.
3. Идея о том, что  $Q(\text{фотосинтеза}) = -Q(\text{сгорания глюкозы})$  **2 балла**  
– **1 балл**  
Численное значение, взятое из расчета в п. 2 – **1 балл** (даже если оно неверно рассчитано в п. 2)

**ИТОГО: 20 баллов**