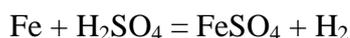


Девятый класс

Задача 9-1 (автор – Жиров А. И.)

1. Пусть было 100 г концентрированного раствора. (Содержание «купоросной водки» – серной кислоты – 98 г) Тогда масса добавленной воды составит 400 г. Общая масса раствора – 500 г. Массовая доля серной кислоты составит $98 : 5 = 19,6$ (%).

2. При взаимодействии железа с разбавленной серной кислотой образуется сульфат железа (II) и водород:



3. При более высокой концентрации кислоты наряду с водородом могут выделяться сероводород и сера:



Концентрированная серная кислота образует оксид серы (IV) и сульфат железа (III):



4. Литр разбавленного раствора серной кислоты имеет массу 1200 г и содержит $0,196 \cdot 1200 = 235,2$ г серной кислоты, что составляет 2,4 моль кислоты. Тогда при полном взаимодействии кислоты с железом выделяется 2,4 моль водорода или $2,4 \cdot 22,4 = 53,76$ (л). Объём выделяющегося водорода в 53,76 раз больше объёма разбавленной серной кислоты (или объём кислоты в 53,76 раз меньше объёма водорода).

Система оценивания

1. Расчёт концентрации –	5 баллов
2. Реакция с железом –	2 балла
3. Горение водорода –	1 балл
4. Три реакции по 2 балла –	6 баллов
5. Соотношение объёмов –	6 баллов
ИТОГО:	20 баллов

Задача 9-2 (автор – Антонов А. А.)

1. Нитрат свинца и нитрат серебра являются качественными реагентами на галогены. При этом фторид серебра является растворимым. Значит, зашифрованные элементы являются

галогенами. Фторид серебра, как указано выше, является растворимым, значит $KX_3 - KF$. Белый осадок при взаимодействии с нитратом серебра образуют хлориды, значит $KX_2 - KCl$. Самыми интенсивно окрашенными являются йодиды серебра и свинца, тогда $KX_1 - KI$, а $KX_4 - KBr$.

$KX_1 - KI$, $KX_2 - KCl$, $KX_3 - KF$, $KX_4 - KBr$.

2.

	$AgNO_3$	$Pb(NO_3)_2$	$Hg(NO_3)_2$
KI	$AgNO_3 + KI \rightarrow$ $\rightarrow AgI\downarrow + KNO_3$	$Pb(NO_3)_2 + 2KI \rightarrow$ $\rightarrow PbI_2\downarrow + 2KNO_3$	$Hg(NO_3)_2 + 2KI \rightarrow$ $\rightarrow HgI_2\downarrow + 2KNO_3$
KCl	$AgNO_3 + KCl \rightarrow$ $\rightarrow AgCl\downarrow + KNO_3$	$Pb(NO_3)_2 + 2KCl \rightarrow$ $\rightarrow PbCl_2\downarrow + 2KNO_3$	—
KF	—	$Pb(NO_3)_2 + 2KF \rightarrow$ $\rightarrow PbF_2\downarrow + 2KNO_3$	—
KBr	$AgNO_3 + KBr \rightarrow$ $\rightarrow AgBr\downarrow + KNO_3$	$Pb(NO_3)_2 + 2KBr \rightarrow$ $\rightarrow PbBr_2\downarrow + 2KNO_3$	$Hg(NO_3)_2 + 2KBr \rightarrow$ $\rightarrow HgBr_2\downarrow + 2KNO_3$

3. KX_1 : $2KI + 3H_2SO_4 \rightarrow 2KHSO_4 + I_2 + SO_2 + 2H_2O$ или

$6KI + 7H_2SO_4 \rightarrow 6KHSO_4 + 3I_2 + S + 4H_2O$ или

$8KI + 9H_2SO_4 \rightarrow 8KHSO_4 + 4I_2 + H_2S + 4H_2O$

KX_2 : $KCl + H_2SO_4 \rightarrow KHSO_4 + HCl\uparrow$

KX_3 : $KF + H_2SO_4 \rightarrow KHSO_4 + HF$

KX_4 : $KBr + H_2SO_4 \rightarrow KHSO_4 + HBr\uparrow$ или

$2KBr + 3H_2SO_4 \rightarrow 2KHSO_4 + Br_2 + SO_2 + 2H_2O$

Во всех случаях будет образовываться кислая соль, так как используется концентрированная серная кислота, т. е. имеется значительный избыток кислоты.

4. Запишем уравнения всех реакций:

$LiCl + H_2SO_4 \rightarrow LiHSO_4 + HCl\uparrow$

$NaCl + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + HCl\uparrow$

$KCl + H_2SO_4 \rightarrow KHSO_4 + HCl\uparrow$

Пусть во взаимодействия вступило x моль серной кислоты, тогда в результате выделилось x моль хлороводорода. Масса реакционной смеси до взаимодействия $5,85 + 98x$, а после взаимодействия $12 + 36,5x$. По закону сохранения массы

$$5,85 + 98x = 12 + 36,5x,$$

откуда $x = 0,1$ моль. Значит $V = nRT/p = 0,1 \cdot 8,31 \cdot 303 : 130 = 1,94$ л

Система оценивания:

1. По 1 баллу за верное определение каждого вещества (элемента) 4 балла.

Примечание для проверяющих: если угадана группа (т. е. что зашифрованы галогены), но в неправильном порядке, то не более 1 балла за данный пункт.

2. 9 уравнений по 1 баллу. 9 баллов.

3. 4 уравнения по 1 баллу. 4 балла

Примечание для проверяющих: в реакции с бромом и йодом засчитывать любую одну реакцию. Если вместо гидросульфатов указаны сульфаты, то 0,5 балла за реакцию.

4. По 0,5 балла за уравнения с хлоридами лития и натрия. За расчёт числа молей 1,5 балла.

За расчёт объёма 0,5 баллов. всего 3 балла.

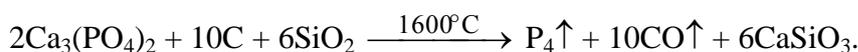
ИТОГО: 20 баллов

Задача 9-3 (авторы – Архангельская О. В., Ильин М. А.)

1 – 2. Заметим, что сумма содержания указанных элементов в кислотах **3** и **4** отлична от 100 %. Поскольку перечисленные кислоты являются кислородсодержащими, следовательно, помимо водорода и элемента **X** в их состав входит кислород. Для кислоты **3** соотношение $H : O = 3,09/1,01 : 65,3/16,0 = 3,06 : 4,08 = 3 : 4$, т. е. её формула – H_3XO_4 . Руководствуясь данными о содержании элемента **X** в кислоте **3**, найдём его атомную массу: $\omega(X) = \frac{A_r(X)}{67,0 + A_r(X)} = 0,316 \Rightarrow A_r(X) = 30,99$, т. е. элемент **X** – фосфор.

Кислота **3** – H_3PO_4 .

В промышленности фосфор получают при нагревании смеси фосфорита, песка и угля:



Установим молекулярные формулы остальных кислот. Для кислоты **4**:

$$H : P : O = \frac{2,27}{1,01} : \frac{34,8}{31,0} : \frac{62,93}{16,0} = 2,25 : 1,12 : 3,93 = 2 : 1 : 3,5 = 4 : 2 : 7, \text{ т.е. } H_4P_2O_7.$$

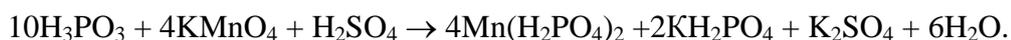
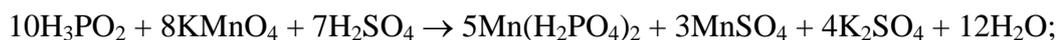
Поскольку в состав молекул кислот **1–3** входит по три атома водорода, а число атомов кислорода в ряду кислот **1–3** увеличивается на единицу, кислота **1** имеет молекулярную формулу H_3PO_2 , а кислота **2** – H_3PO_3 .

Теперь мы можем заполнить пропуски в таблице:

Кислота	Формула кислоты		Название	Основность	Степень окисления X
	молекулярная	графическая (структурная)			
1	H ₃ PO ₂	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{O} \\ \\ \text{P}=\text{O} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Фосфорноватистая кислота	1	+1
2	H ₃ PO ₃	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{O} \\ \\ \text{P}=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{O} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Фосфористая кислота	2	+3
3	H ₃ PO ₄	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{O} \\ \\ \text{P}=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{O} \\ \\ \text{O}-\text{H} \end{array}$	Фосфорная кислота	3	+5
4	H ₄ P ₂ O ₇	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \\ \diagdown \quad // \quad \diagdown \\ \text{P} \quad \text{O} \quad \text{P} \quad \text{O}-\text{H} \\ \diagup \quad \diagup \quad \diagup \\ \text{H}-\text{O} \quad \text{O}-\text{H} \end{array}$	Пирофосфорная кислота	4	+5



4. Фосфорноватистая и фосфористая кислоты проявляют восстановительные свойства и обесцвечивают раствор перманганата калия:



5. Приведём один из возможных методов получения ортофосфорной и пирофосфорной кислот из фосфора:



Система оценивания:

1–2. Элемент X

1,5 балла;

уравнение реакции получения фосфора

0,5 балла;

молекулярные формулы кислот 1–4

0,5 балла × 4 = 2 балла;

графические формулы кислот 1 и 2

1 балл × 2 = 2 балла;

графические формулы кислот 3 и 4

0,5 балла × 2 = 1 балл;

название кислот	0,5 балла × 4 = 2 балла;
основность кислот 1 и 2	1 балл × 2 = 2 балла;
основность кислот 3 и 4	0,5 балла × 2 = 1 балл;
степень окисления фосфора в кислотах	0,5 балла × 4 = 2 балла;
3. Уравнения реакций кислот 1 – 4 с КОН	0,5 балла × 4 = 2 балла;
4. Уравнения реакций взаимодействия кислот с $KMnO_4$	1 балл × 2 = 2 балла;
Уравнения считать правильными, если в качестве продуктов написаны как кислоты, так и средние соли ортофосфорной кислоты.	
5. Уравнения реакций получения кислот 3 и 4	1 балл × 2 = 2 балла;
ИТОГО	20 баллов.

Задача 9-4 (автор – Лебедева О. К.)

1. Условиям задания соответствуют кислород (O_2) и оксид азота (I) (N_2O). Реакция **X** с NO позволяет заключить, что газ **X** – кислород. Для наркоза и анестезии используют N_2O (**Y**) (или смесь кислорода с циклопропаном). Таким образом

X – O_2 – кислород, дикислород

Y – N_2O – веселящий газ, гемиоксид азота, оксид диазота, оксид азота (I), закись азота.

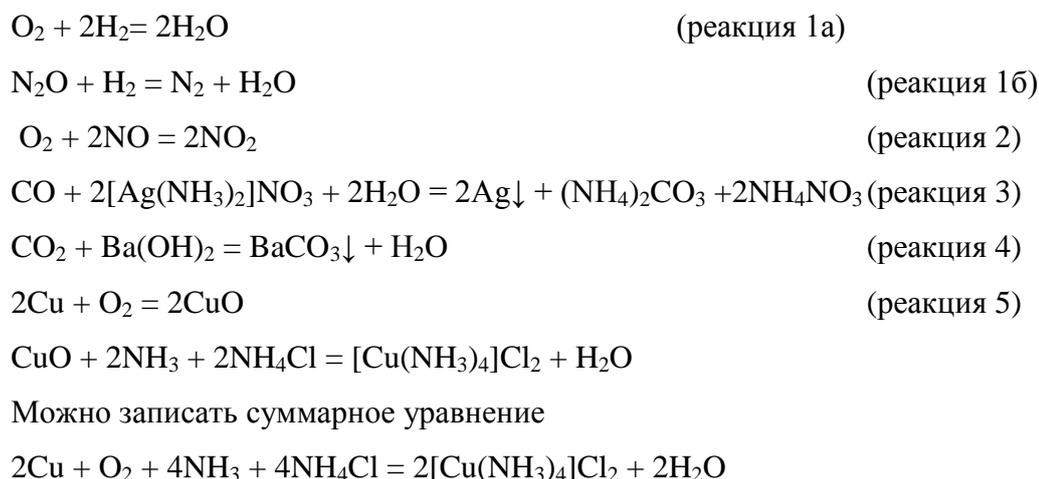
По методу валентных связей молекулу кислорода можно представить как $O=O$. Для молекулы N_2O можно представить следующие формы записи



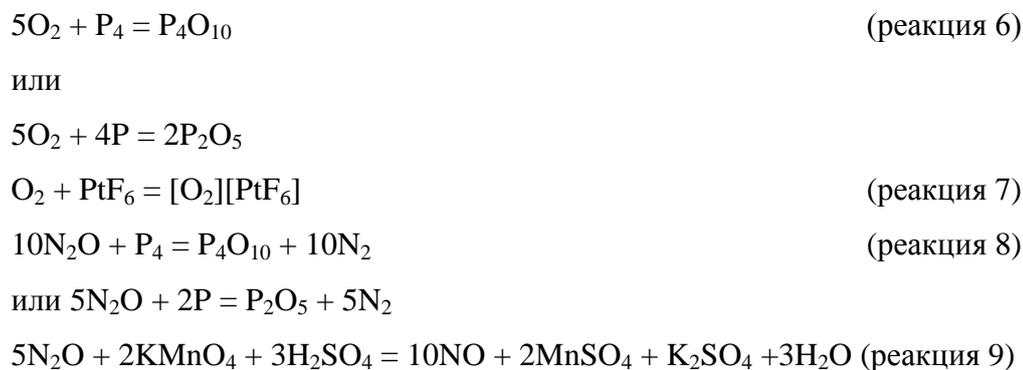
Любая вышеприведённая форма записи может считаться правильной, кроме $N \equiv N = O$, поскольку азот не может образовывать более четырёх ковалентных связей. Формула $N-O-N$ также не подходит, поскольку в молекуле остаётся четыре неспаренных электрона.

2. Почернение раствора $[Ag(NH_3)_2]NO_3$ говорит о том, что вещество **A** или образует с ионами серебра осадки (коллоидные) чёрного цвета, или восстанавливает ионы серебра до металла. Осадок чёрного цвета с ионами серебра даёт сульфид-ион, но сероводород не подходит по описанию (запах, тяжелее кислорода). Значит, вещество **A** – это **восстановитель**. Типичным восстановителем является оксид углерода (II) – CO . Относительно вещества **B** ясно, что это оксид углерода (IV) – CO_2 , который вызывает помутнение баритовой воды, и не имеет запаха.

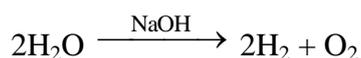
Уравнения реакций



3. Реакции кислорода

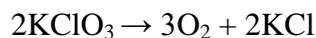


4. Следует иметь в виду, что речь идёт о получении медицинских препаратов, поэтому не все реакции получения кислорода пригодны для этой цели. Кислород получают из воздуха путём его сжижения. Возможные примеси – азот, инертные газы. Другая промышленная реакция – электролиз водных растворов щёлочи



Возможные примеси – пары воды (со следами щёлочи).

В лабораторных условиях



(при каталитическом разложении возможно образование следов ClO_2).

Удобными источниками кислорода могут быть так называемые «хлоратные свечи»

($\text{NaClO}_3 + \text{Fe} + \text{BaO}_2$), кислород при этом образуется по реакции: $2\text{NaClO}_3 = 3\text{O}_2 + 2\text{NaCl}$

(возможно образование следов ClO_2).

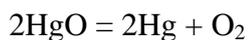
Можно получать кислород из таблеток, содержащих хлорную известь и пероксид натрия

$\text{CaOCl}_2 + \text{Na}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{NaCl} + \text{O}_2$ (в примесях может быть небольшое содержание хлора)

Достаточно **чистый** кислород получают по реакции:



Непригодны для получения препарата реакции

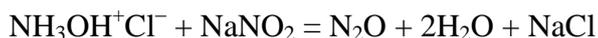


Чаще всего N_2O получают термическим разложением нитрата аммония



Образующийся газ загрязнён азотом и оксидом азота (II) NO .

Более **чистый** N_2O получают по реакции



Система оценивания.

1. Установление <i>X</i> и <i>Y</i> по 1 баллу	2 балла
Название (одно из возможных) по 1 баллу	2 балла
Строение (одно из возможных) по 1 баллу	2 балла
2. Установление <i>A</i>	1 балл
(если указано только, что <i>A</i> – восстановитель, без формулы) 0,5 балла	
Установление <i>B</i>	1 балл
3. Уравнения десяти реакций по 1 баллу	10 баллов
4. По одному способу получения <i>X</i> и <i>Y</i> с указанием примесей	
или с указанием отсутствия примесей	2 балла
ИТОГО	20 баллов

Примечание: реакция 5 может быть засчитана как два уравнения по 0,5 балла или одно уравнение – 1 балл.

Задача 9-5 (автор – Каргов С. И.)

1. $\pi = cRT = \frac{n}{V}RT = \frac{m}{MV}RT$, откуда

$$M = \frac{mRT}{V\pi} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 8,31 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 298 \text{ К}}{1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 7,52 \cdot 10^{-3} \cdot 101325 \text{ Па}} = 65,0 \text{ кг} \cdot \text{моль}^{-1}.$$

2. Температура раствора повысилась, потому что реакция связывания кислорода с гемоглобином протекает с выделением теплоты, так как образуется химическая связь.

3. Общее количество выделившейся теплоты:

$$q = C_p \cdot V \cdot \Delta T = 4,18 \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{мл}^{-1} \cdot 100 \text{ мл} \cdot 0,031 \text{ К} = 13 \text{ Дж}.$$

Тепловой эффект реакции на моль кислорода:

$$Q = \frac{q}{4n} = \frac{q}{4 \frac{m}{M}} = \frac{13 \text{ Дж}}{4 \cdot \frac{5 \text{ г}}{65000 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}}} = 42,0 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}.$$

Система оценивания

- | | |
|--|------------------|
| 1. За правильный расчёт молярной массы гемоглобина | 8 баллов |
| 2. 2 балла за правильный ответ (выделение теплоты),
2 балла за правильное объяснение (образование химической связи) | 4 балла |
| 3. За правильный расчёт теплового эффекта реакции | 8 баллов |
| ИТОГО | 20 баллов |