

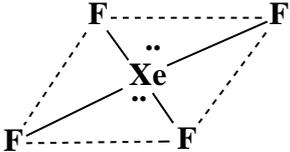
EDIȚIA A 56-A  
14-17 martie, 2019

## Х-Й КЛАСС ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

1. Тест	-	14 баллов
2. Задача 1	-	10 баллов
3. Задача 2	-	16 баллов
4. Задача 3	-	30 баллов
Общее количество баллов -		70 баллов

### Тест (14 б)

<p>1. Установите формулу оксида углерода, плотность которого при 1 атм и 20°C равна 1,165 г/л.</p> <p><b>Решение:</b> Для решения задачи воспользуемся уравнением Клапейрона-Менделеева:</p> $PV = \nu RT = \frac{m}{M} RT$ <p>Молярная масса газа:</p> $M = \frac{mRT}{PV}$ <p>Так как плотность <math>\rho = \frac{m}{V}</math>, то <math>M = \frac{m RT}{V P} = \frac{\rho RT}{P}</math></p> <p>Подставляем значения:</p> $M = \frac{m RT}{V P} = \frac{\rho RT}{P} = \frac{1165 \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 293 \text{К}}{101,3 \cdot 10^3 \text{Па}} = 28 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ <p>Молярная масса соответствует оксиду CO.</p> <p><b>Ответ:</b> CO</p>	<b>0,5 б</b>
<p>2. Приведите <i>два</i> примера пар элементов <b>A</b> и <b>B</b>, которые образуют соединения с формулами <b>A<sub>2</sub>B</b> и <b>AB<sub>2</sub></b>.</p> <p><b>Ответ:</b> соединениями, образованными элементами <b>A</b> и <b>B</b>, с формулами <b>A<sub>2</sub>B</b> и <b>AB<sub>2</sub></b>, могут быть K<sub>2</sub>O и KO<sub>2</sub> или N<sub>2</sub>O и NO<sub>2</sub> и т.д.</p>	<b>0,5 б</b>

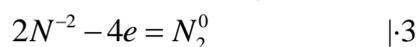
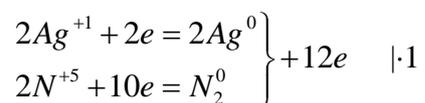
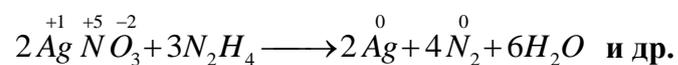
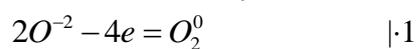
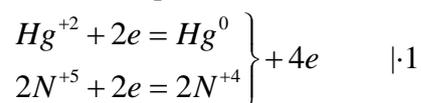
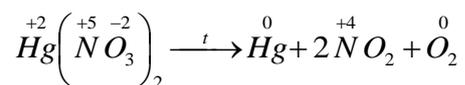
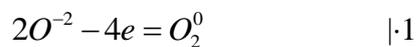
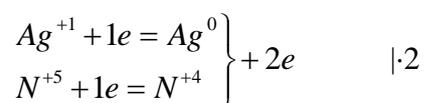
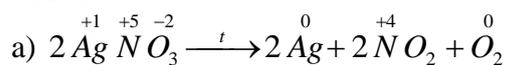
<p><b>3.</b> Для окисления 20 л неизвестного газа потребовалось 10 л кислорода, а для восстановления 20 л этого же газа – 20 л водорода (объемы газов измерены при одинаковых условиях). Предложите формулу газа и напишите уравнения обеих реакций.</p> <p><b>Ответ:</b>          Веществами, которые могут в одних условиях окисляться, а в других восстанавливаться, являются, например, NO, CO и др.          Реакции окисления кислородом воздуха:  <math>2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2</math> или <math>2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2</math> и др.          Количество вещества, а значит и объем окисляемого газа в данных реакциях в два раза больше, чем количество вещества/объем кислорода.          Реакции восстановления водородом:  <math>2\text{NO} + 2\text{H}_2 = 2\text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}</math> или <math>\text{CO} + \text{H}_2 = \text{C} + \text{H}_2\text{O}</math> и др.          Количество вещества, а значит и объем окисляемого газа в данных реакциях равны количеству вещества/объему водорода.</p>	<b>0,5 б</b>
<p><b>4.</b> Выберите правильный(е) ответ(ы). Молекула XeF<sub>4</sub> имеет пространственное строение: а) плоского треугольника; б) тетраэдрическое; в) квадратно-плоскостное; г) октаэдрическое, и имеет следующий тип гибридизации центрального атома: а) <math>dsp^2</math>; б) <math>sp^3</math>; в) <math>sp^3d</math>; г) <math>sp^3d^2</math>.</p> <p><b>Ответ:</b>          Из-за наличия у атома ксенона двух неподеленных пар электронов, которые не участвуют в образовании химических связей молекула XeF<sub>4</sub> обладает квадратно-плоскостным строением (в). Центральный атом при этом находится в <math>sp^3d^2</math>-гибридизации (г).</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<b>1 б</b>
<p><b>5.</b> Напишите и уравняйте три различные неорганические реакции, в правой и левой части которых по три вещества.</p> <p><b>Ответ:</b>          Самыми простыми вариантами являются окислительно-восстановительные реакции, в которых третье вещество в левой части уравнения выполняет роль среды.</p> <p>а) <math>\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}</math>;          б) <math>2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 10\text{C} + 6\text{SiO}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{P}_4 + 6\text{CaSiO}_3 + 10\text{CO}</math>;          в) <math>3\text{Si} + 4\text{HNO}_3 + 12\text{HF} = 3\text{SiF}_4 + 4\text{NO} + 8\text{H}_2\text{O}</math> и др.</p>	<b>3 б</b>
<p><b>6.</b> Газовая смесь состоит из оксида азота(IV) (<math>\varphi = 40\%</math>), кислорода (<math>\varphi = 50\%</math>) и неизвестного газа X. Средняя молярная масса этой смеси газов равна 38,8 г/моль. Предложите формулу газа X, удовлетворяющую условию задачи.</p> <p><b>Решение:</b>          Объемная/молярная доля газа X в смеси: <math>\varphi(\text{X}) = 1 - 0,4 - 0,5 = 0,1</math>.          Выражаем среднюю молярную массу газовой смеси:  <math>M_{\text{ср}} = \varphi(\text{NO}_2) \cdot M(\text{NO}_2) + \varphi(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) + \varphi(\text{X}) \cdot M(\text{X}) =</math>  <math>= 0,4 \cdot 46 + 0,5 \cdot 32 + 0,1 \cdot M(\text{X}) = 38,8 \text{ г/моль.}</math>          Тогда <math>M(\text{X}) = \frac{38,8 - 18,4 - 16}{0,1} = 44 \frac{\text{г}}{\text{моль}}</math></p> <p>В соответствии с полученной молярной массой, газ X может быть CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O или пропан C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>.</p> <p><b>Ответ:</b> CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O или пропан C<sub>3</sub>H<sub>8</sub></p>	<b>1 б</b>

<p>7. Смешали 25 мл раствора NaCl с концентрацией 0,2 моль/л, 40 мл раствора Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> с концентрацией 0,2 моль/л, 50 мл раствора Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> с концентрацией 0,05 моль/л и 600 мл воды. Определите молярную концентрацию ионов Na<sup>+</sup> в полученном растворе.</p> <p><b>Решение:</b>  Общий объем полученного раствора: <math>V_{\text{общ}} = 25 + 40 + 50 + 600 = 715 \text{ мл} = 0,715 \text{ л}</math>;  Ионы натрия образуются в результате диссоциации солей:  <math>\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-</math>,  <math>\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-}</math>,  <math>\text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow 3\text{Na}^+ + \text{PO}_4^{3-}</math>.  Молярная концентрация ионов натрия в полученном растворе:  <math display="block">C_M(\text{Na}^+) = \frac{V_1 \cdot C_1 + V_2 \cdot C_2 \cdot 2 + V_3 \cdot C_3 \cdot 3}{V_{\text{total}}} = \frac{0,025 \cdot 0,2 + 0,040 \cdot 0,2 \cdot 2 + 0,050 \cdot 0,05 \cdot 3}{0,715}</math> <math display="block">= 0,04 \text{ mol/L}</math></p> <p><b>Ответ:</b> 0,04 моль/л.</p>	<p><b>1 б</b></p>
<p>8. Какие вещества вступили в реакцию, если в результате их взаимодействия образовались следующие соединения (указаны все продукты реакций без стехиометрических коэффициентов):</p> <p>a) ... → S↓ + HBr;  b) ... → CaCO<sub>3</sub> + Cl<sub>2</sub>;  c) ... → Cu<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + KNO<sub>3</sub> + CO<sub>2</sub>↑;  d) ... → BaSO<sub>4</sub>↓ + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O.</p> <p><b>Ответ:</b>  a) <math>\text{H}_2\text{S} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{S} \downarrow + \text{HBr}</math>;  b) <math>\text{CaOCl}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{Cl}_2</math>;  c) <math>2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3 + \text{KNO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow</math>;  d) <math>\text{Ba}(\text{HSO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}</math>.</p>	<p><b>1,5 б</b>  <b>(0,25+</b>  <b>0,5+</b>  <b>0,25+</b>  <b>0,5)</b></p>
<p>9. При растворении в воде 100 г неизвестного кристаллогидрата получили 500 мл раствора соли с концентрацией 0,621 моль/л. При длительном прокаливании навески этого кристаллогидрата потеря массы твердого вещества составила 55,9%. Установите формулу кристаллогидрата.</p> <p><b>Решение:</b>  В общем виде формулу кристаллогидрата можно записать следующим образом:  <b>X · nH<sub>2</sub>O</b>  Вычисляем количество вещества соли X в 500 мл раствора:  <math>\nu(\text{X}) = 0,500 \text{ л} \cdot 0,621 \text{ моль/л} = 0,3105 \text{ моль}</math>  Зная массу навески кристаллогидрата можно вычислить его молярную массу:  <math display="block">M(\text{X} \cdot n\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{X} \cdot n\text{H}_2\text{O})}{\nu(\text{X} \cdot n\text{H}_2\text{O})} = \frac{m(\text{X} \cdot n\text{H}_2\text{O})}{\nu(\text{X})} = \frac{100 \text{ г}}{0,3105 \text{ моль}} = 322 \frac{\text{г}}{\text{моль}}</math>  Согласно данным задачи массовая доля воды в кристаллогидрате составляет 0,559. Тогда в 1 моль кристаллогидрата масса воды составляет <math>m(\text{H}_2\text{O}) = 322 \text{ г/моль} \cdot 0,559 = 180 \text{ г}</math>  <math display="block">\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{180 \text{ г}}{18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 10 \text{ моль} \Rightarrow n = 10</math>  Молярная масса безводной соли: <math>M(\text{X}) = 322 \text{ г/моль} - 180 \text{ г/моль} = 142 \text{ г/моль}</math>;  Данная молярная масса соответствует соли Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Таким образом, формула кристаллогидрата - Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · 10H<sub>2</sub>O.</p> <p><b>Ответ:</b> формула кристаллогидрата - Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · 10H<sub>2</sub>O.</p>	<p><b>2 б</b></p>

**10.** Напишите и уравняйте **две** окислительно-восстановительных реакции, в результате которых одновременно **два** элемента понижают степень окисления.

**3 б**  
**(2x1,5 б)**

**Ответ:**



**Задача 1. (10 б)** После растворения 40 г смеси меди и оксида меди(II) в 472 г 80%-ной серной кислоты массовая доля соли в полученном растворе составила 20%. Определите массу полученного раствора.

**Решение:**

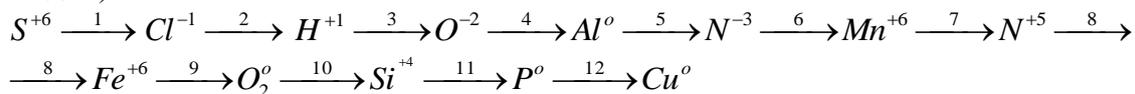
Вводим обозначения: $x$ - количество вещества меди в исходной смеси; $y$ - количество вещества оксида меди(II) в исходной смеси. Записываем уравнения реакции, протекающих при взаимодействии компонентов смеси с концентрированной серной кислотой:	
$\underset{x}{Cu} + 2H_2SO_4 = \underset{x}{CuSO_4} + SO_2 \uparrow + 2H_2O$	<b>2 б</b>
$\underset{y}{Cu_2O} + 3H_2SO_4 = 2\underset{2y}{CuSO_4} + \underset{y}{SO_2} \uparrow + 3H_2O$	<b>3 б</b>
Масса исходной смеси: $64x + 144y = 40$ (1)	<b>1 б</b>
Согласно данным задачи, массовая доля соли вычисляется по уравнению: $\omega(CuSO_4) = \frac{(x + 2y) \cdot 160}{472 + 40 - (x + y) \cdot 64} = 0,2$ (2)	<b>2 б</b>
Решаем систему уравнений (1) и (2): $\begin{cases} \frac{(x + 2y) \cdot 160}{472 + 40 - (x + y) \cdot 64} = 0,2 \\ 64x + 144y = 40 \end{cases}$ $x = 0,4$ и $y = 0,1$ .	<b>1 б</b>
Вычисляем массу конечного раствора $m_{(р-р)} = m_{(исх. р-р)} + m_{(смесь)} - m_{(SO_2)} = 472 \text{ г} + 40 \text{ г} - (x + y) \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 480 \text{ г}.$	<b>1 б</b>
<b>Ответ:</b> $m_{(р-р)} = 480 \text{ г}.$	

**Задача 2. (16 б)** При прокаливании 21,025 г смеси, содержащей нитраты натрия, железа(II) и серебра, выделилось 4,312 л газов (н. у.). При обработке образовавшегося остатка водой, его масса уменьшилась на 1,725 г. Рассчитайте массовые доли (в %) нитратов в исходной смеси.

**Решение:**

При прокаливании смеси $\text{NaNO}_3$ , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ и $\text{AgNO}_3$ протекают следующие реакции:	
$2\text{NaNO}_3 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{NaNO}_2 + \text{O}_2 \uparrow$ (1)	<b>2 б</b>
$4\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ (2)	<b>4 б</b>
$2\text{AgNO}_3 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{Ag} + 2\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ (3)	<b>2 б</b>
В остатке находятся $\text{NaNO}_2$ , $\text{Fe}_2\text{O}_3$ и $\text{Ag}$ . Нитрит натрия растворим в воде. По уменьшению массы остатка в ходе обработки водой можно определить содержание нитрата натрия в исходной смеси: $m(\text{NaNO}_2) = 1,725 \text{ г}$ .	<b>1 б</b>
$\Rightarrow v(\text{NaNO}_2) = \frac{m(\text{NaNO}_2)}{M(\text{NaNO}_2)} = \frac{1,725 \text{ г}}{69 \text{ г/моль}} = 0,025 \text{ моль}$	<b>0,5 б</b>
$v(\text{NaNO}_3) = v(\text{NaNO}_2) = 0,025 \text{ моль} \Rightarrow$	<b>0,25 б</b>
$m(\text{NaNO}_3) = v(\text{NaNO}_3) \cdot M(\text{NaNO}_3) = 0,025 \text{ моль} \cdot 85 \text{ г/моль} = 2,125 \text{ г}$ .	<b>0,25 б</b>
Из уравнения 1 следует, что из 2 моль $\text{NaNO}_3$ образуется 1 моль $\text{O}_2$ . Таким образом, при разложении 0,025 моль $\text{NaNO}_3$ образовалось 0,0125 моль $\text{O}_2$ $V(\text{O}_2) = v(\text{O}_2) \cdot V_m = 0,0125 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 0,280 \text{ л}$ .	<b>0,25 б</b>
Определяем массы нитратов железа(II) и серебра в исходной смеси и объем газов, которые образуются при их разложении: $m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) + m(\text{AgNO}_3) = 21,025 \text{ г} - 2,125 \text{ г} = 18,900 \text{ г}$ .	<b>0,25 б</b>
$V(\text{NO}_2 + \text{O}_2) = 4,312 \text{ л} - 0,280 \text{ л} = 4,032 \text{ л} \Rightarrow$ $v(\text{NO}_2 + \text{O}_2) = \frac{V(\text{NO}_2 + \text{O}_2)}{V_m} = \frac{4,032 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,180 \text{ моль}$	<b>0,25 б</b>
Вводим обозначения: $x - v(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2)$ , $y - v(\text{AgNO}_3)$ . Тогда $m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = v(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) \cdot M(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = 180x$ $m(\text{AgNO}_3) = v(\text{AgNO}_3) \cdot M(\text{AgNO}_3) = 170y$ . В соответствии с уравнениями реакций (2) и (3) получаем следующую систему уравнений: $\begin{cases} 180x + 170y = 18,9 \\ 2,25x + 1,5y = 0,18 \end{cases} \Rightarrow$	<b>3 б</b>
Решая систему, получаем: $x = 0,02 \text{ моль}$ , $y = 0,09 \text{ моль}$	<b>1 б</b>
$m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = 180x = 3,6 \text{ г}$ ; $m(\text{AgNO}_3) = 170y = 15,3 \text{ г}$ .	<b>0,5 б</b>
$\omega(\text{NaNO}_3) = \frac{m(\text{NaNO}_3)}{M(\text{NaNO}_3)} \cdot 100\% = \frac{2,125 \text{ г}}{21,025 \text{ г}} \cdot 100\% = 10,11\%$ ;	<b>0,25 б</b>
$\omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = \frac{m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2)}{M(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2)} \cdot 100\% = \frac{3,6 \text{ г}}{21,025 \text{ г}} \cdot 100\% = 17,12\%$ ;	<b>0,25 б</b>
$\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{m(\text{AgNO}_3)}{M(\text{AgNO}_3)} \cdot 100\% = \frac{15,3 \text{ г}}{21,025 \text{ г}} \cdot 100\% = 72,77\%$ .	<b>0,25 б</b>
<b>Ответ:</b> $\omega(\text{NaNO}_3) = 10,11\%$ ; $\omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = 17,12\%$ ; $\omega(\text{AgNO}_3) = 72,77\%$ .	

**Задача 3. (30 б)** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям (первой указана степень окисления атома в одном из реагентов, далее – в одном из продуктов, который, в свою очередь, является реагентом для последующей стадии):



**Решение:**

1) $Al_2(\underline{SO}_4)_3 + 3BaCl_2 = 2Al\underline{Cl}_3 + 3BaSO_4 \downarrow$ ( $S^{+6} \rightarrow Cl^{-1}$ );	2 б
2) $2Al\underline{Cl}_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O = 2Al(\underline{OH})_3 \downarrow + 3CO_2 \uparrow + 6NaCl$ ( $Cl^{-1} \rightarrow H^{+1}$ );	2 б
3) $2Al(\underline{OH})_3 \xrightarrow{t^o} Al_2\underline{O}_3 + 3H_2O$ ( $H^{+1} \rightarrow O^{-2}$ );	2 б
4) $2Al_2\underline{O}_3 \xrightarrow{\text{электролиз}} 4Al^0 + 3O_2 \uparrow$ ( $O^{-2} \rightarrow Al^0$ );	2 б
5) $8Al^0 + 21NaOH + 3NaNO_3 + 18H_2O = 3\underline{NH}_3 + 8Na_3[Al(OH)_6]$ ( $Al^0 \rightarrow N^{-3}$ ); или $8Al^0 + 5NaOH + 3NaNO_3 + 18H_2O = 3\underline{NH}_3 + 8Na[Al(OH)_4]$	3 б
6) $\underline{NH}_3 + 8KMnO_4 + 9KOH = KNO_3 + 8K_2\underline{MnO}_4 + 6H_2O$ ( $N^{-3} \rightarrow Mn^{+6}$ );	3 б
7) $K_2\underline{MnO}_4 + KNO_2 + H_2O = K\underline{NO}_3 + MnO_2 + 2KOH$ ( $Mn^{+6} \rightarrow N^{+5}$ );	2 б
8) $3K\underline{NO}_3 + Fe_2O_3 + 4KOH \xrightarrow{\text{сплавление}} 2K_2\underline{FeO}_4 + 3KNO_2 + 2H_2O$ ( $N^{+5} \rightarrow Fe^{+6}$ );	3 б
9) $4K_2\underline{FeO}_4 + 10H_2SO_4 = 2Fe_2(\underline{SO}_4)_3 + 3\underline{O}_2 \uparrow + 4K_2SO_4 + 10H_2O$ ( $Fe^{+6} \rightarrow O_2$ );	3 б
10) $SiH_4 + 2O_2 = \underline{SiO}_2 + 2H_2O$ или $Si + O_2 (t^oC) \rightarrow \underline{SiO}_2$ ( $O_2^0 \rightarrow Si^{+4}$ );	2 б
11) $Ca_3(\underline{PO}_4)_2 + 3\underline{SiO}_2 + 5C \xrightarrow{t^o} 3CaSiO_3 + 5CO + 2P$ ( $Si^{+4} \rightarrow P^0$ );	3 б
12) $2P_{\text{белый}} + 5CuSO_4 + 5H_2O = 2H_3\underline{PO}_4 + 5H_2SO_4 + \underline{Cu}^0$ ( $P^0 \rightarrow Cu^0$ ).	3 б