

**10, 11 классы**

**Вариант 1**

1. Платина широко применяется в устройствах каталитического окисления CO до CO<sub>2</sub> в выхлопных газах автомобилей. Особенно эффективно каталитические свойства проявляет платина, находящаяся в виде наночастиц. Сколько наночастиц состава Pt<sub>20</sub> можно получить из 3,5 см<sup>3</sup> металла? Плотность платины составляет 21,45 г/см<sup>3</sup>?

2. Как с помощью одного реактива распознать следующие вещества: хлорид аммония; карбонат кальция; гидросульфат калия; карбонат калия?

3. Имеется смесь сероводорода и водорода. Плотность этой смеси равна плотности воздуха. Определите, в каком объемном соотношении находятся сероводород и водород в смеси.

4. Запишите окончание окислительно-восстановительной реакции, приведите схему электронного баланса и напишите полное молекулярное уравнение:



5. В колбе находится некоторое количество раствора фенола в этаноле. Установлено, что для нейтрализации этой смеси потребовалось 41,7 мл 20%-го раствора гидроксида натрия с плотностью  $\rho = 1,2$  г/мл. При обработке этой же смеси избытком натрия выделилось 6,7 л (н.у.) газа. Определите массовые доли (%) компонентов исходной смеси.

6. Образец магнезита (MgCO<sub>3</sub>) массой 135 г, содержащий 44% пустой породы, подвергли обжигу. Газ, выделившийся при обжиге этого образца, пропустили через раствор, полученный при растворении 20,7 г металлического натрия в 200 мл воды. Определите состав и массовую долю (%) образовавшейся соли в растворе.

**7. Ситуационная задача.** В один из дней 1845 г. профессор химии Христиан Фридрих Шёнбейн, уже открывший к тому времени необычный газ озон, работал в своей лаборатории в швейцарском городе Базель. Нечаянно пролив на пол смесь серной и азотной кислот, он машинально вытер лужу хлопчатобумажным фартуком своей жены. «Кислоты могут прожечь фартук» — подумал Х.Ф. Шёнбейн, прополоскал фартук в воде и повесил его сушиться над печкой. К приходу жены ничто не должно было напоминать об участии фартука в химических опытах. Когда ткань подсохла, раздался не очень громкий взрыв и.... фартука не стало. Конечно, ученый понял причину этих событий. Хлопчатобумажная ткань превратилась в тринитроцеллюлозу – взрывчатое вещество «бездымный порох». Официально об этом веществе профессор К.Ф. Шёнбейн сообщил общественности в марте 1846 г. на заседании Базельского общества, назвав это вещество пироксилином.

Приведите уравнение реакции образования пироксилина из целлюлозы. Определите объем (мл) разлитой на пол нитрующей смеси, которая могла быть собрана фартуком массой 100 г. Ткань фартука на 90% (по массе) состояла из хлопчатобумажных волокон, содержащих до 95% (по массе) целлюлозы.

Нитрующая смесь представляла собой смесь из концентрированных серной ( $w = 98\%$  (по массе)) и азотной кислот ( $w = 60\%$  (по массе)) в соотношении 1:1 (по массе); плотность нитрующей смеси 1,67 г/мл.

Заключительный этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»  
по общеобразовательному предмету Химия

Критерии оценивания задания 1		
Решение содержит следующие элементы  (элемент решения сделан верно и полно)		Максимальный балл за элемент решения (баллы за каждый верный элемент решения суммируются)
1	Рассчитана масса и количество платины	5
2	Рассчитано число наночастиц платины	5

Критерии оценивания задания 2		
Решение содержит следующие элементы  (элемент решения сделан верно и полно)		Максимальный балл за элемент решения (баллы за каждый верный элемент решения суммируются)
1	Сделан выбор реактива для идентификации веществ	2
2	Написано уравнение первой реакции с объяснением	2
3	Написано уравнение второй реакции с объяснением	2
4	Написано уравнение третьей реакции с объяснением	2
5	Написано уравнение четвертой реакции с объяснением	2

Критерии оценивания задания 3		
Решение содержит следующие элементы  (элемент решения сделан верно и полно)		Максимальный балл за элемент решения (баллы за каждый верный элемент решения суммируются)
1	Выражения плотности газов в общем виде	2
2	Выражение молярной массы смеси газов	3
3	Составлено и решено уравнение, связывающее плотности воздуха и смеси газов	3
3	Рассчитано соотношение объёмов газов в смеси	2

Критерии оценивания задания 4		
Решение содержит следующие элементы  (элемент решения сделан верно и полно)		Максимальный балл за элемент решения (баллы за каждый верный элемент решения суммируются)
1	Приведена схема химической реакции	5
2	Приведен электронный баланс реакции	5
3	Расставлены коэффициенты в уравнении реакции	5

Заключительный этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»  
по общеобразовательному предмету Химия

Критерии оценивания задания 5		
Решение содержит следующие элементы  (элемент решения сделан верно и полно)		Максимальный балл за элемент решения (баллы за каждый верный элемент решения суммируются)
1	Рассчитано количество и масса фенола в смеси	5
2	Рассчитано количество и масса этанола в смеси	5
3	Рассчитаны массовые доли компонентов смеси	5

Критерии оценивания задания 6		
Решение содержит следующие элементы  (элемент решения сделан верно и полно)		Максимальный балл за элемент решения (баллы за каждый верный элемент решения суммируются)
1	Расчёт массы и количества чистого вещества	3
2	Расчёт количества и массы выделившегося оксида углерода (IV) при обжиге	3
3	Определение избытка вещества в реакции металла с водой	3
4	Вычисление количества и массы веществ по реакции металла с водой	3
5	Определение избытка и состава продукта реакции оксида углерода со щёлочью	4
6	Расчет массовой доли продукта реакции оксида углерода со щелочью	4

Критерии оценивания задания 7		
Решение содержит следующие элементы  (элемент решения сделан верно и полно)		Максимальный балл за элемент решения (баллы за каждый верный элемент решения суммируются)
1	Приведено уравнение химической реакции	5
2	Рассчитана масса целлюлозы	5
3	Расчет количеств реагирующих веществ	5
4	Определение объема нитрующей смеси	5

**Решение варианта 1**

1.  $m(\text{Pt}) = \rho \cdot V = 21,45 \cdot 3,5 = 75,075 \text{ г};$

$v(\text{Pt}) = m/M = 75,075/195 = 0,385 \text{ моль};$

$M(\text{Pt}) = 195 \text{ г/моль}$

$v(\text{Pt}_{20}) = v(\text{Pt})/20 = 0,385/20 = 1,925 \cdot 10^{-2} \text{ моль};$

$N(\text{Pt}_{20}) = v(\text{Pt}_{20}) \cdot N_A = 1,925 \cdot 10^{-2} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,16 \cdot 10^{22}.$

**Ответ.**  $1,16 \cdot 10^{22}$  наночастиц состава  $\text{Pt}_{20}$

2. Ко всем веществам добавить раствор соляной кислоты

1)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow$  – образуется студенистый осадок кремниевой кислоты

2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$  – выделяется газ

3)  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{HCl} \rightarrow$  образуется прозрачный раствор соли, реакция не идет

4)  $\text{CaSO}_4 + \text{HCl} \rightarrow$  исходная соль не растворяется, образуется смесь, содержащая осадок исходной соли.

3. По условию, смесь газов находится в реальных условиях (отличных от нормальных). В таких условиях величина молярного объема газов неизвестна. Поэтому выражения для плотности воздуха и смеси газов могут быть записаны только в общем виде:

плотность воздуха равна  $\rho_{\text{возд.}} = \frac{M(\text{возд.})}{V_M} = \frac{29}{V_M}$   $M(\text{возд.}) \approx 29 \text{ г/моль}$

плотность смеси газов  $\rho_{\text{см.}} = \frac{M(\text{см.})}{V_M}$   $M(\text{H}_2\text{S}) = 34 \text{ г/моль}$

Молярная масса смеси газов  $M(\text{см.}) = \frac{M(\text{H}_2\text{S}) \cdot v(\text{H}_2\text{S}) + M(\text{H}_2) \cdot v(\text{H}_2)}{v(\text{H}_2\text{S}) + v(\text{H}_2)}$   $M(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль}$

Пусть общее количество газов в смеси равно 1 моль  $\Rightarrow v(\text{H}_2\text{S}) + v(\text{H}_2) = 1 \text{ моль},$

тогда имеем  $v(\text{H}_2\text{S}) = x \text{ (моль)}; v(\text{H}_2) = (1-x) \text{ моль} \Rightarrow M(\text{см.}) = 34x + 2(1-x);$

$\rho_{\text{см.}} = \frac{M(\text{см.})}{V_M} = \frac{34x + 2(1-x)}{V_M}$

По условию плотность смеси равна плотности воздуха  $\rho_{\text{возд.}} = \rho_{\text{см.}}$

$\frac{29}{V_M} = \frac{34x + 2(1-x)}{V_M}$

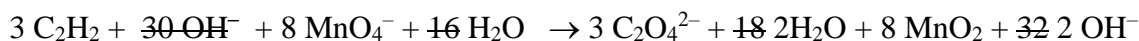
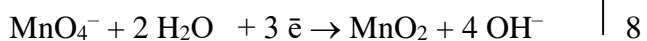
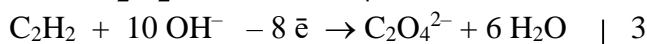
Сократим левую и правую части уравнения на  $V_M$

$29 = 34x + 2(1-x) \Rightarrow x \approx 0,84 \text{ моль}; y \approx 0,16 \text{ моль}$  или  $v(\text{H}_2\text{S}) \approx 0,84 \text{ моль}; v(\text{H}_2) \approx 0,16$

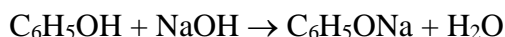
$V(\text{H}_2\text{S}) = v(\text{H}_2\text{S}) \cdot V_M; V(\text{H}_2) = v(\text{H}_2) \cdot V_M$

Тогда имеем  $V(\text{H}_2\text{S})/V(\text{H}_2) = v(\text{H}_2\text{S})/v(\text{H}_2) \approx 0,84:0,16 = 21:4 = 5,25:1$

**Ответ.**  $V(\text{H}_2\text{S})/V(\text{H}_2) = 21:4 = 5,25:1.$



5. Уравнения реакции взаимодействия компонентов смеси с гидроксидом натрия



1 моль — 1 моль

0,25 моль — 0,25 моль

Заключительный этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»

по общеобразовательному предмету Химия

Расчет массы фенола, содержащейся в смеси

$$M(C_6H_5OH) = 94 \text{ г/моль}$$

$$m(NaOH)_{p-p} = V(NaOH)_{p-p} \cdot \rho = 41,7 \cdot 1,2 \approx 50 \text{ г}$$

$$M(NaOH) = 40 \text{ г/моль}$$

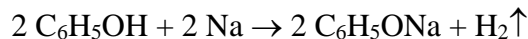
$$m(NaOH) = \frac{\omega \cdot m(NaOH)_{p-p}}{100\%} = \frac{20 \cdot 50}{100} \approx 10 \text{ г}; \quad v(NaOH) = 20:40 = 0,25 \text{ моль}$$

$$v(C_6H_5OH) = 0,25 \text{ моль} \Rightarrow m(C_6H_5OH) = 0,25 \cdot 94 = 23,5 \text{ г.}$$

Общее количество выделившегося водорода  $v(H_2)$ :

$$v(H_2) = V(H_2): V_M = 6,72 / 22,4 = 0,3 \text{ моль}$$

При взаимодействии фенола с натрием выделяется водород  $v_1(H_2) = 0,25 \text{ моль}$

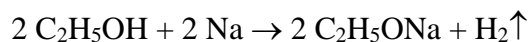


$$2 \text{ моль} \quad \text{—} \quad 1 \text{ моль}$$

$$0,25 \text{ моль} \quad \text{—} \quad 0,125 \text{ моль}$$

Следовательно, остальной водород  $v_2(H_2)$  образовался от взаимодействия натрия с этанолом

$$v_2(H_2) = v(H_2) - v_1(H_2) = 0,3 - 0,125 = 0,175 \text{ моль}$$



$$M(C_2H_5OH) = 46 \text{ г/моль}$$

$$2 \text{ моль} \quad \text{—} \quad 1 \text{ моль}$$

$$0,35 \text{ моль} \quad \text{—} \quad 0,175 \text{ моль}$$

Количество и масса этанола, содержащегося в смеси:

$$v(C_2H_5OH) = 0,35 \text{ моль} \Rightarrow m(C_2H_5OH) = 0,35 \cdot 46 = 16,1 \text{ г.}$$

$$\text{Общая масса смеси } m(\text{смеси}) = m(C_6H_5OH) + m(C_2H_5OH) = 23,5 + 16,1 = 39,6 \text{ г.}$$

Массовые доли компонентов смеси:

$$\omega(C_6H_5OH) = \frac{m(C_6H_5OH)}{m(\text{смеси})} \cdot 100\% = \frac{23,5}{39,6} \cdot 100 = 59,34\%$$

$$\omega(C_2H_5OH) = \frac{m(C_2H_5OH)}{m(\text{смеси})} \cdot 100\% = \frac{16,1}{39,6} \cdot 100 = 40,65\%$$

$$\text{Ответ. } \omega(C_6H_5OH) = 59,34; \omega(C_2H_5OH) = 40,66\%.$$

**6. Определение массы и количества карбоната магния, содержащееся в 200 г магнезита**

$$w(MgCO_3) = 100 - 34 = 66\%;$$

$$w(MgCO_3) = \frac{m(MgCO_3) \cdot 100\%}{m_{\text{магнезита}}} \Rightarrow m(MgCO_3) = \frac{w(MgCO_3) \cdot m_{\text{магнезита}}}{100\%} = \frac{56 \cdot 135}{100} = 75,6 \text{ г.}$$

Расчёт количества и массы выделившегося оксида углерода (IV) при обжиге

$$v(MgCO_3) = 162,36: 84 = 0,9 \text{ моль}$$

$$M(MgCO_3) = 84 \text{ г/моль}$$

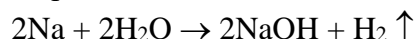


$$1 \text{ моль} \quad \text{—} \quad 1 \text{ моль}$$

$$M(CO_2) = 44 \text{ г/моль}$$

$$v(CO_2) = v(MgCO_3) = 0,9 \text{ моль} \quad m(CO_2) = 44 \cdot 0,9 = 39,6 \text{ г}$$

Определение избытка вещества в реакции натрия с водой



$$v(Na) = 20,7:23 = 0,9 \text{ моль}$$

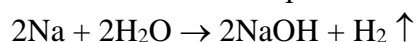
$$M(Na) = 23 \text{ г/моль}$$

$$v(H_2O) = 200:18 \approx 11,11 \text{ моль}$$

$$M(H_2O) = 18 \text{ г/моль}$$

$$v(Na) = 0,9 \text{ моль} < v(H_2O) \approx 11,11 \text{ моль} \Rightarrow \text{вода в избытке,}$$

Вычисление количества гидроксида натрия и массы выделившегося водорода при взаимодействии натрия с водой



$$2 \text{ моль} \quad \text{—} \quad 2 \text{ моль} \quad - \quad 1 \text{ моль}$$

$$v(NaOH) = v(Na) = 0,9 \text{ моль}$$

$$M(H_2) = 2 \text{ г/моль}$$

$$v(H_2) = 1/2 v(Na) = 0,45 \text{ моль}; \quad m(H_2) = 0,45 \cdot 2 = 0,9 \text{ г}$$

Заключительный этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»  
по общеобразовательному предмету Химия

Определим состав и количество продукта взаимодействия оксида углерода (IV) и гидроксида натрия. По условию, количество  $\nu(\text{NaOH}) = 0,9$  моль, т.е.  $\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{NaOH})$ . Следовательно, образуется гидрокарбонат натрия по уравнению реакции



1 моль — 1 моль — 1 моль

0,9 моль — 0,9 моль — 0,9 моль

$\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{NaOH}) = \nu(\text{NaHCO}_3) = 0,9$  моль

$M(\text{NaHCO}_3) = 84$  г/моль

$m(\text{NaHCO}_3) = 0,9 \cdot 84 = 75,6$  г

Определим массу и массовую долю гидрокарбоната натрия в растворе

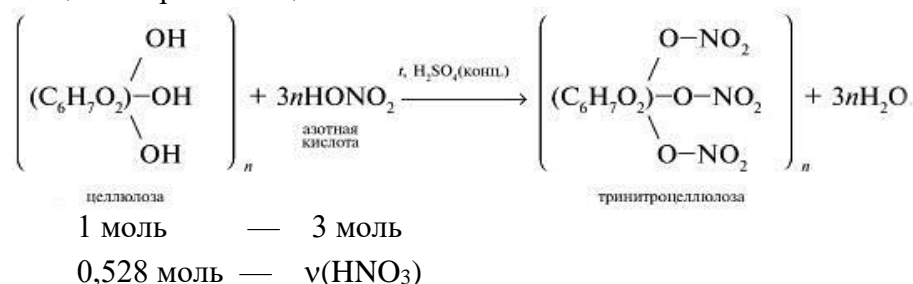
$m_{\text{р-р}}(\text{NaOH}) = m(\text{Na}) + m(\text{H}_2\text{O}) - m(\text{H}_2) = 20,7 + 200 - 0,9 = 219,8$  г

$m_{\text{р-р}} = m_{\text{р-р}}(\text{NaOH}) + m(\text{CO}_2) = 219,8 + 39,6 = 259,4$  г

$w(\text{NaHCO}_3) = \frac{m(\text{NaHCO}_3)}{m_{\text{р-р}}} \cdot 100\% = \frac{75,6 \cdot 100}{259,4} \approx 29,1\%$

**Ответ.**  $w(\text{NaHCO}_3) = 29,1\%$ .

### 7. Уравнение реакции нитрования целлюлозы



В 100 г ткани фартука содержалось 90 г хлопчатобумажных волокон, масса целлюлозы в которых составляла 85,5 г:

$$w_{(\text{х/б волокон})} = \frac{m_{(\text{х/б волокон})}}{m_{(\text{фартука})}} \cdot 100\% = 90\% \Rightarrow m_{(\text{х/б волокон})} = \frac{m_{(\text{фартука})} \cdot w_{(\text{х/б волокон})}}{100\%} = \frac{100 \cdot 90}{100\%} = 90 \text{ г.}$$

$$w_{(\text{целлюлозы})} = \frac{m_{(\text{целлюлозы})}}{m_{(\text{х/б волокон})}} \cdot 100\% = 95\% \Rightarrow m_{(\text{целлюлозы})} = \frac{m_{(\text{х/б волокон})} \cdot w_{(\text{целлюлозы})}}{100\%} = \frac{90 \cdot 95}{100\%} = 85,5 \text{ г.}$$

Молярная масса элементарного звена целлюлозы:

$M(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) = 162$  г/моль

Количество вещества элементарных звеньев целлюлозы

$$\nu_{(\text{целлюлозы})} = \frac{m_{(\text{целлюлозы})}}{M_{\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5}} = \frac{85,5}{162} \approx 0,528 \text{ моль.}$$

По уравнению реакции с 0,528 моль целлюлозы может прореагировать с

$\nu(\text{HNO}_3) = 3 \cdot 0,528 = 1,584$  моль, тогда

$m_{(\text{HNO}_3)} = \nu(\text{HNO}_3) \cdot M(\text{HNO}_3) = 1,584 \cdot 63 = 99,792$  г.

$M(\text{HNO}_3) = 63$  г/моль

Такая масса азотной кислоты содержится в растворе массой  $m_{\text{р-р}}(\text{HNO}_3)$

$$w_{(\text{HNO}_3)} = \frac{m_{(\text{HNO}_3)}}{m_{\text{р-р}}(\text{HNO}_3)} \cdot 100\% = 60\% \Rightarrow m_{\text{р-р}}(\text{HNO}_3) = \frac{m_{(\text{HNO}_3)} \cdot 100\%}{w_{(\text{HNO}_3)}} = \frac{99,792 \cdot 100}{60} = 166,32 \text{ г.}$$

Масса нитрующей смеси  $m_{(\text{смеси})} = m_{\text{р-р}}(\text{HNO}_3) + m_{\text{р-р}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot m_{\text{р-р}}(\text{HNO}_3) = 332,64$  г, т.к. соотношение кислот в смеси 1:1 (по массе).

Учитывая плотность нитрующей смеси, рассчитаем объем её  $\nu_{(\text{смеси})}$

$$\rho = \frac{m_{\text{р-р}}(\text{HNO}_3)}{\nu_{(\text{смеси})}} = 1,67 \text{ г/мл} \Rightarrow \nu_{(\text{смеси})} = \frac{m_{\text{р-р}}(\text{HNO}_3)}{\rho} = \frac{332,64}{1,67} \approx 199,2 \text{ мл.}$$

**Ответ.**  $\nu_{(\text{смеси})} \approx 199,2$  мл.