

**Условия проведения второго этапа для участников  
Межрегиональной многопрофильной олимпиады школьников  
Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина  
Предмет «Химия»**

**Цели и задачи конкурса:**

Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина проводит в 2016-2017 учебном году межрегиональную олимпиаду по химии для обучающихся образовательных учреждений. В этом соревновании создаются необходимые условия для поддержки одаренных детей, пропаганды научных знаний: проверяются способности и умения обучающихся решать различные химические задачи, проявляются их находчивость и настойчивость, выявляются и развиваются творческие способности. Проведение олимпиады позволяет повысить компетентности учащихся, связанных с:

- углублением знаний на основе межпредметных связей;
- выработкой умений и навыков при решении практических и расчетных задач высокого уровня сложности по химии;
- повышением эрудиции;
- повышением интереса к химической науке, технике;
- расширением кругозора;
- способностью логически мыслить;
- совершенствованием навыков самостоятельной работы с литературой;
- профессиональной ориентацией школьников.

**Задания:**

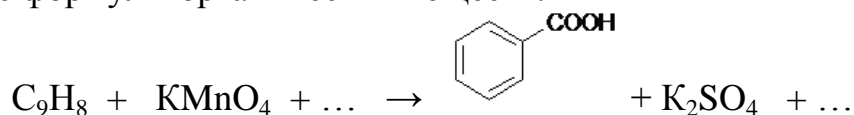
В комплект олимпиадного задания по химии включается 4 (четыре) задачи, одна из которых требует мысленного эксперимента. Содержание олимпиадных задач можно разделить по трём основным разделам: общая химия (строение вещества, основные законы химии, электролитическая диссоциация, термохимия, окислительно-восстановительные процессы, в том числе протекающие при электролизе и др.), неорганическая химия и органическая химия. Выделение этих трёх блоков оправдано, прежде всего, системой химической науки. **Время выполнения заданий – 3 астрономических часа (180 мин)**

**Примеры олимпиадных заданий**

**Задача 1 (10 баллов)**

Вещество  $C_9H_8$  взаимодействует с аммиачным раствором оксида серебра. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции, добавив необходимые реагенты. Определите окислитель и

восстановитель. Установите строение вещества  $C_9H_8$ . Используйте структурные формулы органических веществ.



**Задача 2 (10 баллов)**

При полном разложении под действием электрического тока 1% раствора сульфата алюминия объёмом 100 мл образуется смесь газов. Какой объём занимают продукты катодной реакции при нормальных условиях? Какое минимальное давление (в атмосферах) должны выдерживать стенки резервуара объёмом 500 мл для хранения газообразных продуктов анодной реакции при  $25^{\circ}C$ ? Плотность раствора принять, равным плотности чистой воды.

**Задача 3 (20 баллов)**

Газообразная смесь, состоящая из оксида азота (IV) и оксида серы (IV), имеет плотность по метану 3,25. При пропускании этой смеси через избыток водного раствора перманганата калия образовался раствор с массовой долей азотной кислоты 0,126. Рассчитайте массовые доли остальных продуктов реакции в полученном растворе.

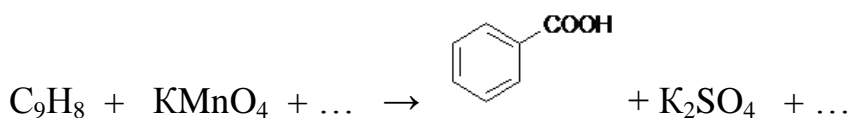
**Задача 4 (10 баллов)**

Образец уксусной кислоты содержит примеси уксусного альдегида и этилового спирта. При добавлении к 8 г образца кислоты избытка аммиачного раствора оксида серебра образовался осадок массой 5,4 г. На нейтрализацию такой же массы образца кислоты израсходовано 10,26 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей 30% и плотностью 1,3 г/мл. Приведите уравнения всех химических реакций. Определите массовые доли примесей в кислоте.

**Решение демонстрационного варианта  
и критерии оценивания**

**Задача 1 (10 баллов)**

Вещество  $C_9H_8$  взаимодействует с аммиачным раствором оксида серебра. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции, добавив необходимые реагенты. Определите окислитель и восстановитель. Установите строение вещества  $C_9H_8$ . Используйте структурные формулы органических веществ.



<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию</b> (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	<b>Баллы</b>
<p>Поскольку вещество сильно ненасыщено и при окислении даёт бензойную кислоту, можно предположить, что оно является гомологом бензола. В боковой цепи имеется тройная связь с подвижным атомом водорода, т.к. вещество реагирует с аммиачным раствором оксида серебра.</p> <p>Строение исходного вещества:</p> $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CH}$	3 балла
<p>Составлен электронный баланс:</p> $\begin{array}{l l} \text{C}^{-2} - 5\text{e} \rightarrow \text{C}^{+3} & \\ \text{C}^0 - 4\text{e} \rightarrow \text{C}^{+4} & \times 5 \\ \text{C}^{-1} - 5\text{e} \rightarrow \text{C}^{+4} & \\ \hline \text{Mn}^{+7} + 5\text{e} \rightarrow \text{Mn}^{+2} & \times 14 \end{array}$	2 балла
<p>Углерод в степени окисления -2, 0 и -1 является восстановителем, марганец в степени окисления +7 является окислителем</p>	1 балл
<p>Расставлены коэффициенты в уравнении:</p> $5\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CH} + 14\text{KMnO}_4 + 21\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5 \text{  } + 10\text{CO}_2 + 7\text{K}_2\text{SO}_4 + 14\text{MnSO}_4 + 21\text{H}_2\text{O}$	4 балла
<b>Всего</b>	<b>10 баллов</b>

### Задача 2 (10 баллов)

При полном разложении под действием электрического тока 1% раствора сульфата алюминия объёмом 100 мл образуется смесь газов. Какой объём занимают продукты катодной реакции при нормальных условиях? Какое минимальное давление (в атмосферах) должны выдерживать стенки резервуара объёмом 500 мл для хранения газообразных продуктов анодной реакции при 25<sup>0</sup>С? Плотность раствора принять, равной плотности чистой воды.

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию</b> (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	<b>Баллы</b>
---	--------------

<p>Определение природы продуктов электролиза раствора <math>Al_2(SO_4)_3</math> на каждом электроде:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;"> Катод (-): <math>2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-</math>  Анод (+): <math>2H_2O - 4e \rightarrow O_2 + 4H^+</math> </td> <td style="padding: 5px; vertical-align: middle;"> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <span>×2</span> <span>×1</span> </div> </td> </tr> </table> <p>Суммарное уравнение:</p> $2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} 2H_2 + O_2$	Катод (-): $2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-$ Анод (+): $2H_2O - 4e \rightarrow O_2 + 4H^+$	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <span>×2</span> <span>×1</span> </div>	3 балла
Катод (-): $2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-$ Анод (+): $2H_2O - 4e \rightarrow O_2 + 4H^+$	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <span>×2</span> <span>×1</span> </div>		
<p>Нахождение объёма продуктов реакции электролиза при н.у.:</p> $m(H_2O) = 100 \text{ мл} \times 1 \text{ г/мл} \times 0,99 = 99 \text{ г} ,$ $n(H_2O) = \frac{99 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 5,5 \text{ моль} , \text{ тогда по уравнению реакции}$ $n(H_2) = 5,5 \text{ моль}; V(H_2) = (5,5 \text{ моль}) \times 22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}} = 123,2 \text{ л}$	3 балла		
<p>Нахождение давления в резервуаре для хранения кислорода по уравнению состояния идеального газа:</p> $PV = nRT; 1 \text{ атм} = 1,013 \times 10^5 \text{ Па}$ $n(O_2) = \frac{1}{2} n(H_2) = 2,75 \text{ моль}$ $P = \frac{nRT}{V} = \frac{2,75 \text{ моль} \times 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \times \text{К}} \times 298 \text{ К}}{500 \times 10^{-6} \text{ м}^3} = 1,362 \times 10^7 \text{ Па}$ $= 134,5 \text{ атм.}$	4 балла		
<b>Всего</b>	<b>10 баллов</b>		

### Задача 3 (20 баллов)

Газообразная смесь, состоящая из оксида азота (IV) и оксида серы (IV), имеет плотность по метану 3,25. При пропускании этой смеси через избыток водного раствора перманганата калия образовался раствор с массовой долей азотной кислоты 0,126. Рассчитайте массовые доли остальных продуктов реакции в полученном растворе.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Расчет средней молярной массы газообразной смеси</p> $M_{\text{ср}} = 3,25 \cdot 16 = 52 \text{ г/моль}$	1 балл

<p>Установление количественного соотношения между <math>\text{SO}_2</math> и <math>\text{NO}_2</math> :  Пусть в исходной газовой смеси содержалось <math>x</math> моль <math>\text{SO}_2</math> и <math>y</math> моль <math>\text{NO}_2</math>, тогда средняя молярная масса смеси равна:  <math>M_{\text{cp}} = (64x + 46y) / (x+y)</math>  С другой стороны, <math>M_{\text{cp}} = 52</math> г/моль, значит:  <math>52 = (64x + 46y) / (x+y)</math>  Отсюда получаем <math>y = 2x</math></p>	3 балла
<p>Уравнения протекающих реакций:  <math>5 \text{SO}_2 + \text{KMnO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4</math>  <math>5\text{NO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{HNO}_3 + \text{KNO}_3 + \text{Mn}(\text{NO}_3)_2</math></p>	4 балла (по 2 балла)
<p>Найдено соотношение для массы раствора, позволяющее рассчитать массовые доли остальных продуктов реакции в образовавшемся растворе:  По условию задачи, массовая доля <math>\text{HNO}_3</math> составляет 0,126:  <math>\omega(\text{HNO}_3) = m(\text{HNO}_3) / m(\text{p-ра}) = 0,8x \cdot 63 / (m(\text{p-ра})) = 0,126</math>  В задаче не дана масса раствора, однако мы можем её вычислить в общем виде:  <math>m(\text{p-ра}) = 0,8x \cdot 63 / 0,126 = 400x</math>,  что позволит рассчитать массовые доли остальных продуктов реакции в образовавшемся растворе</p>	2 балла
<p>Рассчитаны массовые доли продуктов реакции: <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>    <math>\text{K}_2\text{SO}_4</math>  <math>\text{MnSO}_4</math>    <math>\text{KNO}_3</math>    <math>\text{Mn}(\text{NO}_3)_2</math>:  <math>\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{SO}_4) / m(\text{p-ра}) = 0,4x \cdot 98 / 400x = 0,098</math>  <math>\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = m(\text{K}_2\text{SO}_4) / m(\text{p-ра}) = 0,2x \cdot 174 / 400x = 0,087</math>  <math>\omega(\text{MnSO}_4) = m(\text{MnSO}_4) / m(\text{p-ра}) = 0,4x \cdot 151 / 400x = 0,151</math>  <math>\omega(\text{KNO}_3) = m(\text{KNO}_3) / m(\text{p-ра}) = 0,4x \cdot 101 / 400x = 0,101</math>  <math>\omega(\text{Mn}(\text{NO}_3)_2) = m(\text{Mn}(\text{NO}_3)_2) / m(\text{p-ра}) = 0,4x \cdot 179 / 400x = 0,179</math></p>	10 баллов (по 2 балла за каждый)
<b>Всего</b>	<b>20 баллов</b>

#### Задача 4 (10 баллов)

Образец уксусной кислоты содержит примеси уксусного альдегида и этилового спирта. При добавлении к 8 г образца кислоты избытка аммиачного раствора оксида серебра образовался осадок массой 5,4 г. На нейтрализацию такой же массы образца кислоты израсходовано 10,26 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей 30% и плотностью 1,3 г/мл. Приведите уравнения всех химических реакций. Определите массовые доли примесей в кислоте.

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию</b> (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	<b>Баллы</b>
Уравнение реакции взаимодействия альдегида с аммиачным раствором оксида серебра $\text{CH}_3\text{COH} + \text{Ag}_2\text{O} = \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{Ag} + \text{H}_2\text{O}$ (1)	1 балл
Уравнение реакции взаимодействия уксусной кислоты с гидроксидом натрия $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$ (2)	1 балл
Нахождение количества вещества серебра $n(\text{Ag}) = m(\text{Ag})/M(\text{Ag}); n(\text{Ag}) = 5,4/108 = 0,05$ моль	1 балл
Нахождение количества вещества уксусного альдегида Из уравнения реакции (1) следует: $n(\text{CH}_3\text{COH}) = \frac{1}{2} n(\text{Ag}); n(\text{CH}_3\text{COH}) = 0,05:2 = 0,025$ моль Нахождение молярной массы ацетальдегида $M(\text{CH}_3\text{COH}) = 44$ г/моль Нахождение массы ацетальдегида $m(\text{CH}_3\text{COH}) = n(\text{CH}_3\text{COH}) \cdot M(\text{CH}_3\text{COH});$ $m(\text{CH}_3\text{COH}) = 0,025 \cdot 44 = 1,1$ г.	1 балл
Нахождение массы раствора гидроксида натрия $m(\text{р-ра}) = V\rho; m(\text{р-ра}) = 10,26 \cdot 1,3 = 13,34$ г. Нахождение массы гидроксида натрия $m(\text{NaOH}) = m(\text{р-ра}) \cdot \omega(\text{NaOH}); m(\text{NaOH}) = 13,34 \cdot 0,3 = 4,0$ г. Нахождение молярной массы гидроксида натрия $M(\text{NaOH}) = 40$ г/моль Нахождение количества вещества гидроксида натрия $n(\text{NaOH}) = m(\text{NaOH})/M(\text{NaOH}); n(\text{NaOH}) = 4/40 = 0,1$ моль.	2 балла
Нахождение количества вещества уксусной кислоты Из уравнения реакции (2) следует: $n(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{NaOH}); n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,1$ моль. Нахождение молярной массы уксусной кислоты $M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 66$ г/моль Нахождение массы уксусной кислоты $m(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot M(\text{CH}_3\text{COOH});$ $m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,1 \cdot 66 = 6$ г.	1 балл
Нахождение массы спирта в образце кислоты $m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = m(\text{обр}) - m(\text{CH}_3\text{COH}) - m(\text{CH}_3\text{COOH})$ $m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 8 - 1,1 - 6 = 0,9$ г.	1 балл
Вычисление массовых долей спирта и альдегида $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})/m(\text{обр});$ $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,9/8 = 0,1125$ или 11,25%. $\omega(\text{CH}_3\text{COH}) = m(\text{CH}_3\text{COH})/m(\text{обр});$ $\omega(\text{CH}_3\text{COH}) = 1,1/8 = 0,1375$ или 13,75%.	2 балла
<b>Всего</b>	<b>10 баллов</b>

## Рекомендуемая литература

1. Задачи Всероссийской олимпиады школьников по химии / Составители: Ольга Архангельская, Александр Жиров, Вадим Еремин, Ольга Лебедева, Марина Решетова, Владимир Теренин, Игорь Тюльков / Под общей редакцией академика РАН, профессора В.В. Лунина – М: «Экзамен», 2003.
2. Кузьменко Н., Теренин В., Рыжова О., Антипин Р., Архангельская О., Еремин В., Зык Н., Каргов С., Карпова Е., Ливанцова Л., Мажуга А., Мазо Г., Морозов И., Обрезкова М., Осин С., Пичугина Д., Путилин Ф. Вступительные экзамены и олимпиады по химии: опыт Московского университета. Учебное пособие. - Издательство Московского Университета Москва, 2011.
3. Кузьменко Н., Теренин В., Рыжова О., Архангельская О., Еремин В., Зык Н., Каргов С., Ливанцова Л., Мазо Г., Морозов И., Ненайденко В., Обрезкова М., Осин С. Вступительные экзамены и олимпиады по химии в Московском университете: 2007. Под общей ред. Н.Е. Кузьменко, В.И. Теренина. Издательство Московского университета Москва, 2008.
4. «Химия в школе» - научно-методический журнал
5. Большой энциклопедический словарь, Химия. – М: «Большая Российская энциклопедия», 1998
6. Некрасов Б.В. Основы общей химии : [В 2 т.]. - СПб. [и др.] : Лань, 2003.
7. Глинка Н.Л. Общая химия: учебное пособие для вузов / Под ред. А.И.Ермакова. – М.: Интеграл-Пресс, 2000.
8. Шрайдер Д., Эткинс П. Неорганическая химия. В 2-х т. – М: Мир, 2004.
9. Еремин В.В. Теоретическая и математическая химия для школьников. – М.: МЦНМО, 2007.
10. Органическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению и специальности "Химия" : в 4-х ч. / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2005- (Классический университетский учебник / Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова).
11. Химическая энциклопедия в 5 т. – М: «Советская энциклопедия», 1988–1998.
12. Леенсон И.А. Почему и как идут химические реакции. – М.: Мирос, 1995.
13. Неорганическая химия: В 4-х т. /Под ред. Ю.Д. Третьякова/ А.А. Дроздов, В.П. Зломанов, Г.Н. Мазо, Ф.М. Спиридонов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004-2007.
14. Справочник химика. - 2-е изд. - М.; Л.: ГХИ, 1963.
15. Степин Б.Д., Аликберова Л.Ю. Занимательные задания и эффектные опыты по химии, М.: Дрофа, 2002
16. Химия: Энциклопедия химических элементов, под ред. А.Н. Смоленского, М.: Дрофа, 2000