

**Комитет образования и науки Курской области**  
**Решения заданий для муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников**  
**по химии в 2020/2021 учебном году**

**Задание 10-1.**

Над платиновым катализатором пропущены 1,12 л газов (н.у.), полученных в результате гидролиза 1,48 г смеси гидроксида и карбида кальция. При этом общий объем газовой смеси уменьшился на 20%. Рассчитайте количество веществ в полученной смеси.

*Решение*

1. Запишем уравнения реакций соединений кальция: а) $\text{CaH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\uparrow$ б) $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2\uparrow$	1 б 1 б
2. Рассчитаем количество смеси газов: $n = \frac{V}{V_M} = \frac{1,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,05 \text{ моль}$	1 б
3. Составим уравнение относительно масс веществ в исходной смеси. Пусть $x$ – $n(\text{CaH}_2)$ и $y$ – $n(\text{CaC}_2)$ , тогда $m(\text{CaH}_2) + m(\text{CaC}_2) = 42x + 64y = 1,48$	1 б
4. Составим уравнение относительно получившейся по реакциям а и б газовой смеси. Из $x$ моль $\text{CaH}_2$ образуется $2x$ моль $\text{H}_2$ ; из $y$ моль $\text{CaC}_2$ образуется $y$ моль $\text{C}_2\text{H}_2$ . $2x + y = 0,05$	1 б
5. Решаем систему уравнений: $\left. \begin{array}{l} 42x + 64y = 1,48 \\ 2x + y = 0,05 \end{array} \right\} \Rightarrow x = 0,02 \text{ моль}; y = 0,01 \text{ моль}$	1 б
6. Рассчитанное по уравнению $n(\text{H}_2) = 0,04$ моль, $n(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,01$ моль. Следовательно, водород в газовой смеси <i>присутствует в избытке</i> .	1 б
7. Составим уравнение протекающей на платиновом катализаторе реакции: (в) $\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{H}_2 \xrightarrow{\text{Pt}} \text{C}_2\text{H}_6$	1 б
8. Пусть прореагировало $x$ моль $\text{C}_2\text{H}_2$ . Тогда по уравнению реакции (в) прореагировало $2x$ моль $\text{H}_2$ и образовалось $x$ моль $\text{C}_2\text{H}_6$ . Суммарное число молей газов после реакции $(0,01-x) + (0,04-2x) + x$ .	1 б
9. Т.к. по условию задачи объем газовой смеси (т.е. число молей газообразных веществ) уменьшился на 20%, то можно составить следующее уравнение: $\frac{(0,01-x) + (0,04-2x) + x}{0,05} = 0,8 \Rightarrow x = 0,005 \text{ моль}$	1 б
10. Рассчитаем количества веществ в конечной газовой смеси: $n(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,01 - 0,005 = 0,005$ моль $n(\text{H}_2) = 0,04 - 2 \cdot 0,005 = 0,03$ моль $n(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,005$ моль	1 б
<b>Итого:</b>	<b>12 б</b>

**Задание 10-2.**

Сколько тепла выделится при сжигании 50 л этилена (н.у.), если теплоты образования этилена, воды и углекислого газа соответственно равны: -52,31 кДж/моль, 285,6 кДж/моль, 393,5 кДж/моль.

*Решение.*

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию</b> (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)		<b>Баллы</b>
1	Уравнение химической реакции $\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $Q_{\text{обр.}} \quad -52,31 \quad 0 \quad 393,5 \quad 285,6 \quad \text{кДж/моль}$	2
2	$Q_{\text{обр. реакции}} = \sum 2Q_{\text{обр.}(\text{CO}_2)} + 2Q_{\text{обр.}(\text{H}_2\text{O})} - \sum Q_{\text{обр.}(\text{C}_2\text{H}_4)}$ $Q_{\text{обр. реакции}} = 2(393,5) + 2(285,6) - (-52,31) = 1410,51 \text{ кДж/моль}$	4
3	$n_{(\text{C}_2\text{H}_4)} = V/V_m = 50 \text{ (л)} / 22,4 \text{ (л/моль)} = 2,23 \text{ (моль)}$	1
4	$Q = 2,23 \text{ (моль)} \cdot 1410,51 \text{ (кДж/моль)} / 1 \text{ (моль)} = 3145,4 \text{ кДж/моль}$	3
5	Отв.: 3145,4 кДж/моль	
Итого		10

**Задание 10-3.**

При добавлении к водному раствору вещества А отдельно сульфида калия, раствора аммиака и хлорида бария образуются осадки. В первом и втором случае – серо-зеленого цвета одного состава, в третьем случае – белый кристаллический осадок, нерастворимый в растворах минеральных кислот и щелочей. Определите вещество А, напишите уравнения протекающих реакций.

*Решение.*

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию</b> (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)		<b>Баллы</b>
1.	Вещество А является солью металла. При взаимодействии и с аммиаком, и с сульфидом калия образуется гидроксид металла серо-зеленого цвета. Металл – это хром. Хлорид бария образует белый кристаллический осадок, нерастворимый в растворах минеральных кислот и щелочей, с сульфатами. Вещество А – сульфат хрома (III).	<b>3</b>
2.	Уравнения реакций: $2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{K}_2\text{S} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{H}_2\text{S} + 6\text{KNO}_3$ $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 2\text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow + 3(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{BaCl}_2 = 3\text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{CrCl}_3$	<b>3</b>
Все элементы ответа записаны неверно		<b>0</b>
Максимальный балл		<b>6</b>

**Задание 10-4.**

Известно, что 40 мл раствора, содержащего нитрат меди(II) и серную кислоту, могут прореагировать с 25,4 мл 16%-ного раствора гидроксида натрия (плотность раствора 1,18 г/мл), а прокаливание выпавшего при этом осадка дает 1,60 г твердого вещества. Вычислите концентрации (в моль/л) нитрата меди(II) и серной кислоты в исходном растворе, а также объем газа (н.у.), который выделится при внесении 2,5 г порошкообразной меди в 40 мл этого раствора.

*Решение.*

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию</b> (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	<b>Баллы</b>
<b>1.</b> Уравнения химических реакций (за каждое по 1 баллу): $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaNO}_3$ $\text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t} \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$	3
<b>2.</b> По уравнениям рассчитаем состав исходного раствора: $n(\text{CuO}) = 1,6/80 = 0,02$ моль $n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{Cu}(\text{OH})_2) = n(\text{CuO}) = 0,02$ моль $n(\text{NaOH}) = 25,4 \times 1,18 \times 0,160/40 = 0,12$ моль	3
<b>3.</b> На реакцию с $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ расходуется $0,02 \times 2 = 0,04$ моль $\text{NaOH}$ , на реакцию с $\text{H}_2\text{SO}_4$ расходуется $0,12 - 0,04 = 0,08$ моль $\text{NaOH}$	1
<b>4.</b> $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,08/2 = 0,04$ моль, $C(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,02/0,04 = 0,5$ моль/л, $C(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,04/0,04 = 1$ моль/л	3
<b>5.</b> Кислые растворы нитратов растворяют металлы аналогично разбавленной азотной кислоте: $3\text{Cu} + 8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- = 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$	2
<b>6.</b> Определим избыток-недостаток реагентов: $n(\text{Cu}) = 2,5/64 = 0,0391$ моль, $n(\text{H}^+) = 2n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,08$ моль, $n(\text{NO}_3^-) = 2n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,04$ моль,	3
<b>7.</b> С учетом коэффициентов ионы $\text{H}^+$ - в недостатке	1
<b>8.</b> Определим $n(\text{NO})$ по недостатку: $n(\text{NO}) = n(\text{H}^+)/4 = 0,02$ моль	1
<b>9.</b> $V(\text{NO}) = 0,02 \times 22,4 = 0,448$ л	1
<b>Итого</b>	<b>18</b>

**Задание 10-5.**

Из натриевой селитры было приготовлено 500 граммов 5% раствора. При электролизе этого раствора на аноде выделилось 40 л кислорода измеренного при температуре 25<sup>0</sup> С и давлении 1,24·10<sup>5</sup> Па. Рассчитайте массовую долю нитрата натрия в растворе после проведения электролиза.

*Решение.*

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию</b> (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	<b>Баллы</b>
1. Используя уравнение Менделеева-Клайперона найдем n O <sub>2</sub> $PV=nRT$ $n= PV \ / \ RT$ $T=25+273=298(K)$ $P=1,24 \cdot 10^5 \text{ Па} = 1,24 \cdot 10^2 \text{ (кПа)}$ $n=1,24 \cdot 10^2 \text{ (кПа)} \cdot 40 \text{ (л)} \ / \ 8,314 \text{ (Дж\мольК)} \cdot 298(K) = 2 \text{ (моль)}$	2
2. Составим уравнение электролиза $2\text{NaNO}_3 + 6 \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{эл-з}} 4\text{H}_2 + 2\text{NaOH} + 2\text{O}_2 + 2\text{HNO}_3$	3
3. Рассчитаем массу соли содержащейся в растворе $m(\text{NaNO}_3) = m(\text{р-ра}) \cdot w = 500 \cdot 0,05 = 25 \text{ (г)}$	1
4. Так как соль образованна активным металлом и остатком кислородсодержащей кислоты, на электродах протекал электролиз воды, масса соли не изменилась. Образовались и были удалены из сферы реакции: $m(\text{O}_2) = n M = 2 \cdot 32 = 64 \text{ (г)}$ $n(\text{H}_2) = 4 \text{ моль}$ $m(\text{H}_2) = 4 \cdot 2 = 8 \text{ (г)}$	2
5. $w(\text{NaNO}_3) = 25 \ / \ 500 - 64 - 8 = 0,058$ или 5,8%	2
<b>Итого</b>	<b>10</b>

**Задание 10-6.**

При пропускании алкена через избыток раствора перманганата калия масса выпавшего осадка оказалась в 2,07 раза больше массы алкена. Относительная плотность по водороду равна 14. При жидкофазном каталитическом (Pd в присутствии Cu, Fe) окислении кислородом получают альдегид, в тех же условиях в присутствии уксусной кислоты получают эфир этой карбоновой кислоты. Установите формулу алкена, напишите схемы получения альдегида и эфира, назовите их.

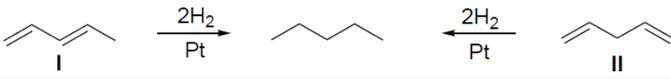
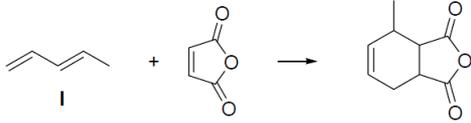
*Решение.*

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию</b> (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	<b>Баллы</b>
1. Окисление алкенов в «мягких условиях» идет с образованием диолов и осадка оксида марганца(IV) Схема окисления $3 \text{C}_n\text{H}_{2n} + 2\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{C}_n\text{H}_{2n}(\text{OH})_2 + 2\text{MnO}_2\downarrow + 2\text{KOH}$	3
2. Проведем расчеты для определения n $n(\text{C}_n\text{H}_{2n}) : n(\text{MnO}_2) = 3 : 2$ $2 m(\text{MnO}_2) \setminus 3 m(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 2,07$ $2 \cdot 87 \setminus 3 \cdot (14n) = 2,07$ $n=2$ Формула алкена $\text{C}_2\text{H}_4$ – этилен (этен)	3
3. Используя значение относительной плотности алкена по водороду, определим его молярную массу: $M_x = D \cdot M(\text{H}_2) = 14 \cdot 2 = 28 \text{ (г\моль)}$ $M(\text{C}_2\text{H}_4) = 28 \text{ (г\моль)}$	1
4. Каталитическое окисление этилена с образованием уксусного альдегида и винилацетата: $\text{C}_2\text{H}_4 + [\text{O}] \rightarrow \text{CH}_3\text{COH} \text{ -ацетальдегид}$ $\text{C}_2\text{H}_4 + [\text{O}] \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2\text{-O-COCH}_3 \text{ виниловый эфир уксусной кислоты}$	3
Итого	10

**Задание 10-7.**

Смесь пентадиена-1,3 (**I**) и пентадиена-1,4 (**II**) полностью прореагировала с 9,6 л (45 °С, 110,2 кПа) Н<sub>2</sub> в присутствии Pt с выделением 46,7 кДж тепла. Такая же навеска смеси взаимодействует с 73,5 г 20 %-го раствора малеинового ангидрида в бензоле. Напишите уравнения обсуждаемых реакций. Установите состав смеси в мольных %. Рассчитайте энергии гидрирования **I** и **II** (кДж/моль), если при гидрировании 0,2 моль эквимольной смеси выделяется 48,1 кДж тепла.

*Решение.*

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>1. При гидрировании как <b>I</b>, так и <b>II</b> образуется <i>n</i>-пентан:</p> 	2
<p>2. С малеиновым ангидридом (МА) реагирует только <b>I</b> (реакция Дильса–Альдера):</p> 	1
<p>3. <math display="block">v(\mathbf{I}) = v(\text{МА}) = \frac{73,5 \cdot 0,2}{98} = 0,15 \text{ моль.}</math></p>	1
<p>4. <math display="block">v(\mathbf{I} + \mathbf{II}) = \frac{v(\text{H}_2)}{2}; v(\text{H}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{110,2 \cdot 9,6}{8,314 \cdot 318} = 0,4 \text{ моль}; v(\mathbf{I} + \mathbf{II}) = 0,2 \text{ моль};</math></p>	2
<p>5. <math display="block">v(\mathbf{II}) = 0,2 - 0,15 = 0,05 \text{ моль.}</math></p>	1
<p>6. Найдём мольные доли: <math>\chi(\mathbf{I}) = \frac{0,15}{0,2} \cdot 100\% = 75\%</math>; <math>\chi(\mathbf{II}) = 25\%</math></p>	2
<p>7. Запишем схемы гидрирования диенов:  <math display="block">\mathbf{I} + 2\text{H}_2 \longrightarrow \text{C}_5\text{H}_{12} + Q_1</math> <math display="block">\mathbf{II} + 2\text{H}_2 \longrightarrow \text{C}_5\text{H}_{12} + Q_2</math> и составим систему уравнений:  <math display="block">\begin{cases} 0,15 Q_1 + 0,05 Q_2 = 46,7 \\ 0,1 Q_1 + 0,1 Q_2 = 48,1 \end{cases}</math> Решая, находим: <math>Q_1 = 226,5</math> кДж/моль, <math>Q_2 = 254,6</math> кДж/моль.</p>	2
<p>Все элементы ответа записаны неверно</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	11

1. Олимпиадные задания Заключительного тура Всероссийского конкурса научных работ школьников Юниор-2013 года по химии.- <http://docplayer.ru/25810553-Olimpiadnye-zadaniya-zaklyuchitelnogo-tura-vserossiyskogo-konkursa-nauchnyh-rabot-shkolnikov-yunior-2013-goda-po-himii.html>
2. Свитанько И. В., Кисин В. В., Чуранов С. С. Стандартные алгоритмы решения нестандартных химических задач. – М., Химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, 2012. - 253с.
3. Школьные олимпиады по химии.- <http://www.chem.msu.su/rus/olimp/>