

**Комитет образования и науки Курской области**  
**Решения заданий для муниципального этапа всероссийской олимпиады**  
**школьников по химии в 2019/2020 учебном году**

**10 класс**

**Задание 10-1.**

В некоторой порции кристаллогидрата нитрата железа (III) число атомов кислорода в 18 раз больше числа Авогадро, а число атомов железа соответствует числу Авогадро. Выведите формулу кристаллогидрата.

*Решение.*

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию</b> (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	<b>Баллы</b>
1. Пусть формула кристаллогидрата $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$	<b>1</b>
2. Так как число молекул в 1 моль любого вещества равно числу Авогадро, то в 1 моль молекул кристаллогидрата содержится 18 моль атомов кислорода.	<b>1</b>
3. Рассчитаем число молекул воды в одной молекуле кристаллогидрата: $9 + x = 18; x = 9$	<b>1</b>
4. Формула кристаллогидрата $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$	<b>1</b>
Все элементы ответа записаны неверно	<b>0</b>
Максимальный балл	<b>4</b>

**Задание 10-2.**

Стехиометрическую смесь азота и водорода при температуре 500 °С под давлением 30 мПа пропустили над железным катализатором. Каждый литр полученной равновесной смеси, приведенный к первоначальным условиям, весил в 1,3 раза больше литра первоначальной смеси.

1. Составьте уравнение протекающей реакции.
2. Рассчитайте мольную долю продукта реакции в равновесной смеси.
3. Какой прием используют в промышленности, чтобы увеличить выход продукта?

*Решение.*

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию</b> (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	<b>Баллы</b>
1. $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \longrightarrow 2 \text{NH}_3$	<b>1</b>
2. Для стехиометрической исходной смеси: $M(\text{исх.}) = \varphi(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) + \varphi(\text{N}_2) \cdot M(\text{N}_2) = 0,75 \cdot 2 + 0,25 \cdot 28 = 8,50 \text{ г/моль.}$	<b>1</b>
3. Молярная масса равновесной конечной смеси оказалась в 1,3 раза больше исходной, т.е: $M(\text{кон.}) = 1,3 \cdot M(\text{исх.}) = 1,3 \cdot 8,50 = 11,1 \text{ г/моль.}$ С другой стороны: $M(\text{кон.}) = \varphi(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3) + \varphi(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) + \varphi(\text{N}_2) \cdot M(\text{N}_2).$	<b>2</b>
4. Так как исходная смесь была стехиометрической, то и в равновесной конечной смеси количество водорода в три раза больше количества азота. Тогда, обозначив мольную долю аммиака в конечной смеси $x$ , с учетом молярных масс газов получаем:	<b>2</b>

$M(\text{кон.}) = 17x + 0,75 \cdot (1 - x) \cdot 2 + 0,25 \cdot (1 - x) \cdot 28 = 11,1 \text{ г/моль.}$ $x = 0,3059 (\sim 0.31 \text{ или } 31 \%).$	
5. В промышленности при синтезе аммиака продукт реакции отделяют, а непрореагировавшую смесь азота и водорода с помощью компрессора повторно вводят в колонну синтеза. Тем самым, выход аммиака по отношению к исходным веществам повышается практически до 1.	<b>1</b>
Все элементы ответа записаны неверно	<b>0</b>
Максимальный балл	<b>7</b>

### Задание 10-3.

Теплоты сгорания ацетилена и ацетальдегида в стандартных условиях ( $25^\circ\text{C}$ , 1 атм) равны 1303 и 1171 кДж/моль соответственно. Вычислите энтальпию гидратации ацетилена по реакции Кучерова в стандартных условиях.

#### Решение.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. Теплоты сгорания ацетилена и ацетальдегида отнесены к 1 моль этих веществ, это будем учитывать при составлении термохимических уравнений: $2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2 \cdot 1303 \text{ кДж} \quad (1)$ $2\text{CH}_3\text{COH} + 5\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2 \cdot 1171 \text{ кДж} \quad (2)$	<b>3</b>
2. Закон Гесса позволяет оперировать термохимическими уравнениями, как алгебраическими выражениями, т. е. на его основе путем комбинации уравнений реакций с известными тепловыми эффектами можно вычислить неизвестный тепловой эффект суммарной реакции. Поэтому из 1 уравнения вычтем уравнение 2, получаем: $2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 - 2\text{CH}_3\text{COH} - 5\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} - 4\text{CO}_2 - 4\text{H}_2\text{O} + 2606 - 2342$	<b>2</b>
3. Складываем подобные члены и уравнение примет вид: $2\text{C}_2\text{H}_2 - 2\text{CH}_3\text{COH} = - 2\text{H}_2\text{O} + 264 \text{ кДж}$ Перенесем некоторые члена уравнения из одной части в другую, получаем: $2\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{CH}_3\text{COH} + 264 \text{ кДж}$ - это реакция гидратации ацетилена	<b>2</b>
4. Сократим все члены уравнения на 2, получаем: $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_3\text{COH} + 132 \text{ кДж}$ Энтальпия реакции равна тепловому эффекту, взятому с противоположным знаком, значит: $\Delta H(\text{реакции}) = - 132 \text{ кДж}$	<b>2</b>
Все элементы ответа записаны неверно	<b>0</b>
Максимальный балл	<b>9</b>

**Задание 10-4.**

Две пластинки одинаковой массы, изготовленные из металла, способного проявлять в своих соединениях валентность, равную двум, погрузили в растворы солей одинаковой концентрации: одну – в раствор соли свинца, а другую – в раствор соли меди. Через некоторое время оказалось, что масса пластинки, находившейся в растворе соли свинца, увеличилась на 19%, а масса другой пластинки уменьшилась на 9,6%. Определите, из какого металла изготовлены пластики.

*Решение.*

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. Необходимо учесть, что в результате реакций неизвестный металл вытесняет свинец и медь из растворов их солей. Так как в первом случае масса пластинки увеличилась, а во втором уменьшилась, то молярная масса неизвестного металла больше молярной массы меди, но меньше молярной массы свинца: $\text{Э} + \text{Pb}^{2+} = \text{Э}^{2+} + \text{Pb}$ $\text{Э} + \text{Cu}^{2+} = \text{Э}^{2+} + \text{Cu}$	2
2. Обозначим массы исходных пластинок $m_0$ , молярную массу металла – $M$ , а количество вещества прореагировавшего металла – $x$ моль. Тогда можно выразить массы пластинок после реакций: $m_1 = m_0 - M \cdot x + 207x$ $m_2 = m_0 - M \cdot x + 64x$	2
3. Изменения массы пластинок: $m_1 - m_0 = 207x - M \cdot x$ $m_0 - m_2 = M \cdot x - 64x$	2
4. Учитывая, что в первом случае масса увеличилась на 19%, а во втором случае уменьшилась на 9,6%, составим уравнения: В первом случае $m_0 = \frac{207 - Mx}{0,19}$ . Во втором случае $m_0 = \frac{Mx - 64}{0,096}$ . Так как исходные массы равны, то $\frac{207 - Mx}{0,19} = \frac{Mx - 64}{0,096}$	3
5. При решении уравнения определим, что $M = 112$ г/моль, металл кадмий.	2
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	11

**Задание 10-5.**

50 мл газообразного углеводорода смешали с 200 мл кислорода и подожгли. Объём образовавшейся газовой смеси оставили 125 мл, а после пропускания её через раствор щёлочи он уменьшился до 25 мл. Определите формулу исходного газообразного вещества.

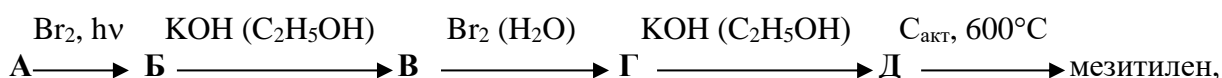
*Решение.*

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. $\text{C}_x\text{H}_y + (x+0,25y)\text{O}_2 \rightarrow x\text{CO}_2 + 0,5y\text{H}_2\text{O}$	1
2. $125 - 25 = 100$ мл – поглотилось углекислого газа	1

3. $200 - 25 = 175$ мл – осталось непрореагировавшего кислорода	<b>1</b>
4. $X = 100 : 50 = 2$ – количество углерода	<b>1</b>
5. $175 : 50 = 3,5$ $x + 0,25y = 3,5$ $2 + 0,25y = 3,5$ $y = 6$ – количество водорода	<b>4</b>
6. Ответ: $C_2H_6$ (этан)	<b>1</b>
Все элементы ответа записаны неверно	<b>0</b>
Максимальный балл	<b>9</b>

### Задание 10-6.

Осуществите следующую цепочку превращений:



если известно, что в результате взаимодействия 4,81 л газообразного углеводорода А при 20°C и нормальном атмосферном давлении с бромом образуется 20,9 г монобромпроизводного Б с выходом 85 %. Запишите соответствующие уравнения реакций, назовите вещества А, Б, В, Г, Д. Для реакций бромирования А и В опишите механизмы.

### Решение.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. Бромирование вещества А – реакция радикального замещения, так как условием протекания данной реакции является облучение. В общем виде уравнение реакции выглядит следующим образом: $C_xH_{y+1} + Br_2 \rightarrow C_xH_yBr + HBr.$	<b>1</b>
2. Количество углеводорода рассчитываем по уравнению Клапейрона-Менделеева: $n = \frac{pV}{RT} = \frac{1 \text{ атм} \cdot 4,81 \text{ л}}{0,082 \frac{\text{атм} \cdot \text{л}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 293 \text{ К}} = 0,2 \text{ моль}$	<b>1</b>
3. С учетом выхода количество монобромпроизводного составляет: $0,2 \cdot 0,85 = 0,17$ моль, молярная масса $20,9 / 0,17 = 123$ г/моль.	<b>2</b>
4. $M(C_xH_y) = 123 - 80 = 43$ г/моль. Поскольку природа углеводорода не известна, его формулу определяем подбором. Если $x = 3$ , то $M(C) = 36$ ; а $M(H) = 7$ , следовательно монобромпроизводное имеет состав $C_3H_7Br$ , а углеводород $C_3H_8$ , то есть это пропан.	<b>3</b>
5. $CH_3CH_2CH_3 + Br_2 \longrightarrow CH_3CHBrCH_3 + HBr$  Механизм: 1. Стадия инициирования:	<b>7</b>

$\text{Br}_2 \xrightarrow{h\nu} 2\text{Br}^\bullet$ <p>2. Стадия роста цепи:</p> $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3 + \text{Br}^\bullet \longrightarrow \text{CH}_3\dot{\text{C}}\text{HCH}_3 + \text{HBr}$ $\text{CH}_3\dot{\text{C}}\text{HCH}_3 + \text{Br}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{CHBrCH}_3 + \text{Br}^\bullet$ <p>3. Стадия обрыва цепи:</p> $2\text{Br}^\bullet \longrightarrow \text{Br}_2$ $2\text{CH}_3\dot{\text{C}}\text{HCH}_3 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_3 \end{array}$ $\text{CH}_3\dot{\text{C}}\text{HCH}_3 + \text{Br}^\bullet \longrightarrow \text{CH}_3\text{CHBrCH}_3$	
<p>6. <math>\text{CH}_3\text{CHBrCH}_3 + \text{KOH} \xrightarrow{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}</math></p>	<b>1</b>
<p>7. <math>\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{Br}_2 \longrightarrow \text{CH}_2\text{BrCHBrCH}_3</math></p> <p>Механизм:</p> <p>1. Образование карбокатиона. Под действием поля реагента молекула брома поляризуется, что делает возможным следующее взаимодействие:</p> $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{Br} \xrightarrow{\delta+ \quad \delta-} \text{CH}_2\text{Br}-\overset{\oplus}{\text{C}}\text{H}-\text{CH}_3 + \overset{\ominus}{\text{Br}}$ <p>2. Реакция между карбокатионом и анионом брома.</p> $\text{CH}_2\text{Br}-\overset{\oplus}{\text{C}}\text{H}-\text{CH}_3 + \overset{\ominus}{\text{Br}} \longrightarrow \text{CH}_2\text{BrCHBrCH}_3$	<b>3</b>
<p>8. <math>\text{CH}_2\text{BrCHBrCH}_3 + 2\text{KOH} \xrightarrow{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} \text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_3 + 2\text{KBr} + 2\text{H}_2\text{O}</math></p>	<b>1</b>
<p>9.</p> $3 \text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{C}_{\text{акт.}}, 600^\circ\text{C}} \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{C}_6\text{H}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p style="text-align: center;">мезитилен</p>	<b>1</b>
<p>А – пропан Б – 2-бромпропан В- пропен Г – 1,2-дибромпропан Д - пропин</p>	<b>5</b>
Все элементы ответа записаны неверно	<b>0</b>
Максимальный балл	<b>25</b>

### Задание 10-7.

Смесь двух солей одного металла, содержащую 79,31% металла по массе, растворили в горячей воде. В результате выделилась газовая смесь с плотностью по водороду 12,25. Если аналогичную по массе смесь растворить в соляной кислоте, то объем выделившегося

газа окажется в 2 раза меньше. Установите качественный и количественный (в % по массе) состав исходной смеси.

*Решение.*

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. Один из газов – аммиак, так как он не выделяется при обработке смеси соляной кислотой.	1
2. Молярная масса смеси газов $M(\text{смеси}) = 12,25 \cdot 2 = 24,5$ г/моль	1
3. Пусть имеется 1 моль смеси газов, тогда $n(\text{NH}_3) = n(\text{X}) = 0,5$ моль $m(\text{NH}_3) = 0,5 \cdot 17 = 8,5$ г $m(\text{X}) = 24,5 - 8,5 = 16$ г $M(\text{X}) = 16/0,5 = 32$ г/моль Газом, выделяющимся при действии на соль воды или соляной кислоты и имеющим такую молярную массу, является силан $\text{SiH}_4$ .	5
4. Смесь солей состояла из нитрида и силицида металла. $\text{Me}_4\text{Si}_x + 4x\text{H}_2\text{O} = 4\text{Me}(\text{OH})_x + x\text{SiH}_4$ $\text{Me}_3\text{N}_x + 3x\text{H}_2\text{O} = 3\text{Me}(\text{OH})_x + x\text{NH}_3$	2
5. Так как количества газов равны, то равны и количества солей. Зная массовую долю металла в смеси можно установить металл. $\omega(\text{Me}) = \frac{7A_r(\text{Me})}{7A_r(\text{Me}) + 14x + 28x}$ Отсюда $A_r(\text{Me}) = 23x$ Если $X=1$ , металл – натрий, другие значения $X$ условиям не удовлетворяют.	3
6. Качественный состав смеси: $\text{Na}_4\text{Si}$ и $\text{Na}_3\text{N}$	1
7. $\omega(\text{Na}_3\text{N}) = \frac{83}{83+120} \cdot 100\% = 40,89\%$ 8. $\omega(\text{Na}_4\text{Si}) = \frac{120}{83+120} \cdot 100\% = 59,11\%$	2
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	15

1. Всероссийская олимпиада школьников по химии.  
[http://vos.olimpiada.ru/upload/files/Arhive\\_tasks/2011-2012/region\\_tasks/new-cut/chem/tasks-chem-10-teor-2011-2.pdf](http://vos.olimpiada.ru/upload/files/Arhive_tasks/2011-2012/region_tasks/new-cut/chem/tasks-chem-10-teor-2011-2.pdf)
2. Литвинова Т.Н. Химия для поступающих в вузы/Т.Н.Литвинова и др.- М.:ООО «Изд-во Ониск»:ООО «Изд-во «Мир и образование», 2009.-832с.
3. Олимпиадные задания по химии/ Сост.: Глазкова О.В., Лазарева О.П.; МО РМ, МРИО.- Саранск, 2005. – 43 с.